www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

1e JAARGANG NUMMER 5 MEI 1936

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: HET NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

DE KWIKLAMP HP 300

Samenvatting. Electrische ontladingen in kwikdamp van hooge druk zijn lichtbronnen met hoog nuttig effect en kleine afmetingen. De nieuwe kwiklamp „Philora" HP 300, die voor aansluiting aan het wisselstroomnet bestemd is, heeft ongeveer dezelfde vorm en grootte als een gloeilamp van hetzelfde vermogen (75 watt) en levert een driemaal grootere lichtstroom. In dit artikel worden de electrische en lichttechnische eigenschappen van deze lamp behandeld. Uitvoerig wordt daarbij ingegaan op de beteekenis en de werking van het vóórschakelapparaat en op de spectrale samenstelling van het uitgezonden licht.

Inleiding

De ontwikkeling van de electrische verlichting geschiedde met sprongen. Ziet men van de booglampen af, dan wordt de eerste periode vanaf het oogenblik, dat Edison zijn eerste verlichting met kooldraadlampen vertoonde, tot het begin van deze eeuw geheel beheerscht door de kooldraadlamp. Omstreeks 1900 komen dan de Nernstlamp en de verschillende soorten metaaldraadlampen op de markt; eerst als niet gevaarlijke concurrenten, dan met zooveel succes, dat zij omstreeks 1912 de kooldraadlamp vrijwel verdrongen hebben. En nu, nadat de wolfraamlamp bijna 25 jaar vrijwel uitsluitend de markt beheerscht heeft, beginnen langzamerhand de gasontladingslampen op te treden. De natriumlamp en de kwiklamp hebben reeds hier en daar belangrijke toepassingen gevonden, vooral voor de verlichting van straten en wegen en van terreinen en fabrieken.

Met de „Philora" HP 300 verschijnt een klein kwiklampje van 75 watt op de markt, dat een bijzonder hoog nuttig effect heeft, ongeveer drie maal dat van de wolfraamlamp van hetzelfde vermogen. Zal dit lampje misschien, evenals de wolfraamlamp de kooldraadlamp geheel verdrongen heeft, op den duur de wolfraamlamp weten te verdringen?

Daar ziet het er niet naar uit, want de wolfraamlamp heeft enkele gunstige eigenschappen, die het nieuwe lampje niet bezit. Bijv. brandt de wolfraamlamp vrijwel onmiddellijk na het inschakelen op zijn volle lichtsterkte, terwijl het nieuwe lampje hiervoor eenige minuten noodig heeft. Ook is de kleur van het kwiklicht niet gelijk aan die van de gebruikelijke lampen.

Wat mag men er echter wèl van verwachten? Overal waar het verlichtingsniveau te laag is, kan men door middel van een dergelijk lampje met een geringe vermeerdering van het energieverbruik een belangrijke verhooging van het verlichtingsniveau bereiken. Door toevoegen van dit kwiklicht aan het wolfraamlicht verkrijgt men een goede lichtkleur bij een hoog nuttig effect. Voegt men bijv. aan 200 Watt wolfraamlampen een kwiklamp van 75 watt toe, dan verdubbelt men vrijwel de verlichting, terwijl het licht in kleur niet veel van dat van de zon afwijkt. Het gemengde licht heeft voordeelen boven het licht van iedere lampsoort afzonderlijk.

Al heeft de kooldraadlamp in de beginperiode van de electrotechniek uitermate stimuleerend op haar ontwikkeling gewerkt, het bleef de zooveel economischer wolfraamlamp voorbehouden het electrische licht een verbreiding te geven, die men een tiental jaren tevoren niet had durven droomen. In minder dan 50 jaar is de jaarlijksche productie van gloeilampen tot meer dan een milliard gestegen met een verbruik van ongeveer 25.10^9 kWh per jaar. De electriciteit heeft via de verlichting in vrijwel ieder huis haar intrede gedaan.

We staan nu wederom aan de vóóravond van een groote stap in de verhooging van het nuttig effect der verlichting. Gezien het feit, dat het verlichtingsniveau bij vrijwel alle toepassingen van de kunstmatige verlichting om economische redenen nog zeer laag wordt genomen, ziet het er naar uit, dat ook deze lamp een nieuwe reeks van toepassingsmogelijkheden van electrische verlichting zal ontsluiten, die tot nu toe buiten haar bereik lagen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info

Eigenschappen van de nieuwe kwiklamp

Fig. 1 stelt de lamp op ware grootte voor. De ontladingsbuis is van kwarts vervaardigd. Het vloeibare kwik bevindt zich in de napjes, waarin de electroden zitten. In bedrijf stijgt de dampdruk van het kwik tot 20 atm. Hij is dus aanzienlijk hooger dan die in de tot nu toe gebruikelijke kwikdamplampen. De uitwendige afmetingen van de glasballon komen overeen met die van een gloeilamp van hetzelfde vermogen. De belangrijkste electrische en lichttechnische gegevens zijn in *tabel I* samengesteld.

Tabel I.

Eigenschappen der kwiklamp HP 300 in stationnaire toestand.

Spanningsverval aan de lamp	230 $V_{eff.}$
Stroomsterkte	0,4 A
Aan de lamp toegevoerd vermogen	75 W
Verliezen in de spaarlektransformator 5450 G/86	15 W
Arbeidsfactor	0,55
Lichtstroom	3000 lumen
Netto lichtopbrengst	33 lumen/watt
Inwendige diameter van de ontladingsbuis	ca. 4 mm
Afstand der electroden	18 mm
Gemiddelde oppervlaktehelderheid	420 K/cm²
Oppervlaktehelderheid in de as van de ontlading	ca. 1150 K/cm²

De lamp is bestemd om op wisselstroom te branden. Zooals iedere gasontladingslamp mag de kwiklamp niet direct op het net worden aangesloten. Men moet een weerstand of condensator of zelfinductie vóór schakelen, zoodat de stroom begrensd wordt. Weerstanden worden natuurlijk zooveel mogelijk vermeden om het energieverlies niet onnoodig te verhoogen. Een bijzonder eenvoudige constructie wordt verkregen door toepassing van een transformator met groote strooiing, die tegelijk als spanningsbron en als inductieve voorschakelweerstand dienst doet. De bij het nieuwe lampje behoorende spaarlektransformator (type No. 5450 G/86) is zóó geconstrueerd, dat hij aan de secundaire zijde een inductieve weerstand heeft van geschikte grootte en bij aansluiting op de netspanning van 220 volt een nullastspanning van 410 volt (eff.) levert, die noodig is om de lamp te ontsteken en in bedrijf te houden.

Teneinde de werking van het voorschakelapparaat nader te bestudeeren, werden oscillogrammen opgenomen van de spanning U_E aan de lamp, de spanning U_L aan het voorschakelapparaat, de

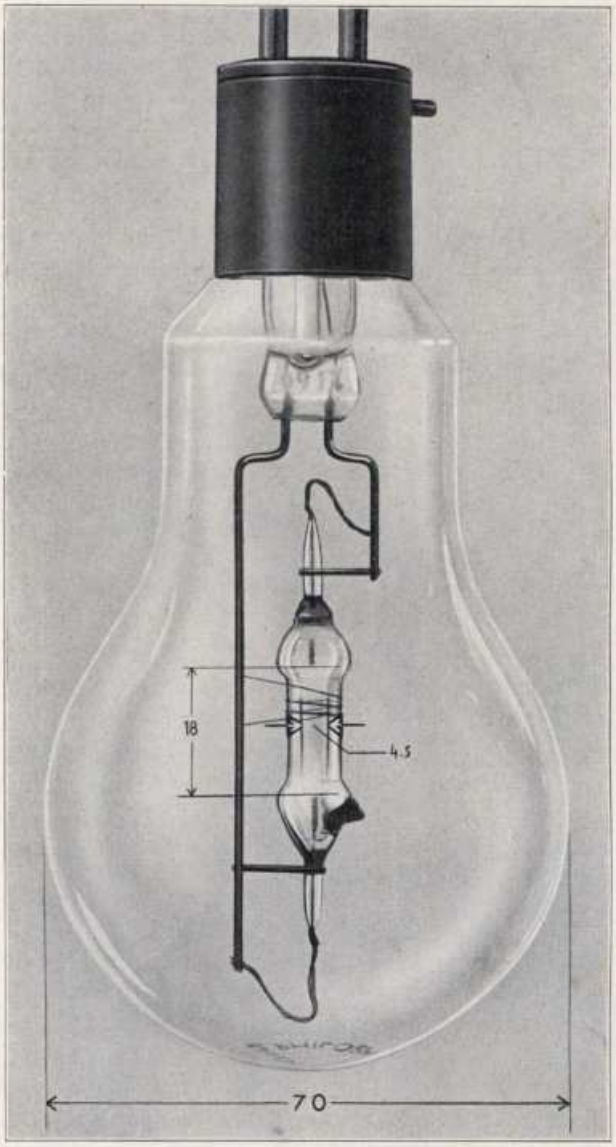

Fig. 1. De nieuwe kwiklamp „Philora" HP 300 van 75 watt en 3000 lumen in natuurlijke grootte.

totaalspanning U en de stroomsterkte I (*fig. 2*). Zooals men uit de figuur ziet, is de totaalspanning U vrijwel sinusvormig. Het spanningsverval U_E aan de ontlading vertoont daarentegen, uitgezet als functie van de tijd, een nagenoeg rechthoekige vorm. De grootte van het spanningsverval heeft dus een van de stroomsterkte tamelijk onafhankelijke waarde, die wij de brandspanning E_B willen noemen. De richting van het spanningsverval slaat daarentegen om, wanneer de stroom I door de lamp zijn richting omkeerd. Op dat tijdstip bereikt het spanningsverval even een hoogere waarde, die wij de herontsteekspanning E_D willen noemen, omdat deze spanning noodig is, om de lamp, die bij de omkeer van de stroomrichting voor een oogenblik uitdooft, opnieuw te ontsteken. De spanning U_L aan het voorschakelapparaat is gegeven door het verschil tusschen U en U_E. Zij

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

is dus niet sinusvormig, maar heeft, zooals uit de figuur blijkt, een tamelijk ingewikkeld verloop.

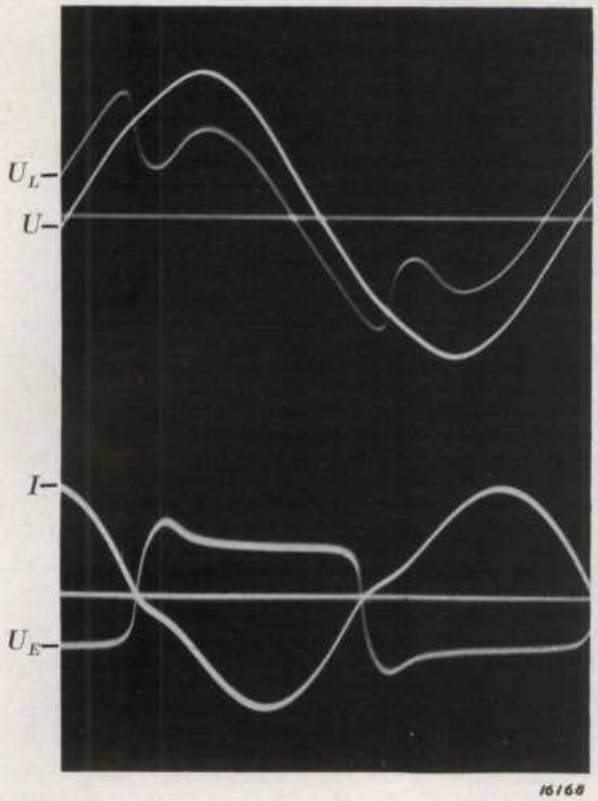

Fig. 2. Oscillogrammen, opgenomen aan de nieuwe kwiklamp HP 300 onder normale bedrijfsvoorwaarden. U_E = spanning van de ontlading, U_L = spanning op de smoorspoel, U = totaalspanning, I = stroomsterkte.

Aangezien het voorschakelapparaat een inductieve weerstand heeft, bestaat tusschen de stroomsterkte I en de spanning U_L het verband:

$$U_L = L \frac{dI}{dt}$$

Hieruit volgt in overeenstemming met fig. 2, dat de stroom zijn maximum bereikt, wanneer de spanning U_L haar teeken omkeert. Eerst dan begint de stroom kleiner te worden. Het blijkt dus, dat de stroom in phase achterloopt ten opzichte van de voedingsspanning U, hetgeen tengevolge van het inductieve voorschakelapparaat te verwachten was, ook al heeft men hier niet met sinusvormige stroomen te maken. Wanneer de stroom gelijk aan nul wordt, levert de spanningsbron reeds een aanzienlijke tegenspanning. Het hangt nu van de waarde van de herontsteekspanning E_D af, of deze tegenspanning toereikend is, om de lamp onmiddellijk na het uitdooven in tegengestelde richting te doen ontsteken. Bij een voldoend lage ontsteekspanning, zooals in het in fig. 2 gerealiseerde geval, is dit wèl mogelijk. Er is echter ook het geval realiseerbaar, dat de lamp bij het omkeeren van de stroomrichting gedurende een bepaalde tijd, de z.g. donkerperiode, stroomloos blijft, alvorens de spanning zoo hoog gestegen is, dat de ontlading opnieuw kan ontsteken. In *fig. 3* is het berekende verloop van de spanningen en de stroomsterkte weergegeven onder de veronderstelling van een sinusvormige voedingsspanning, een rechthoekig spanningsverval aan de lamp en een zuiver inductieve weerstand van het voorschakelapparaat. De overeenstemming met de oscillogrammen (vooral fig. 3) is zeer behoorlijk.

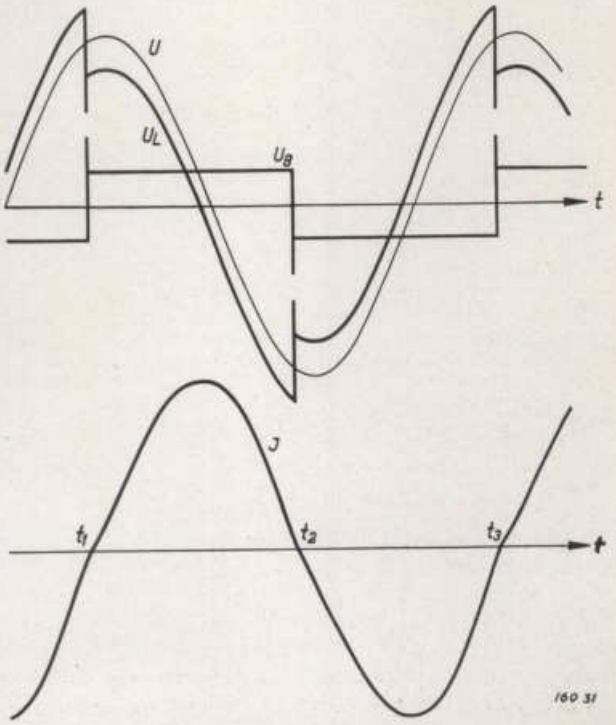

Fig. 3. Het verloop van de stroom en de spanningen aan de nieuwe kwiklamp, berekend met behulp van eenvoudige veronderstellingen omtrent de karakteristiek van de lamp. Er blijkt behoorlijke overeenstemming met de oscillogrammen te bestaan.

Een zoo kort mogelijke donkerperiode is niet slechts in lichttechnisch opzicht voordeelig (weinig flikkeren), maar ook met het oog op de mogelijkheid om de lamp in bedrijf te houden bij lage voedingsspanningen. De herontsteekspanning E_D is namelijk niet constant, maar loopt tijdens de donkerperiode op. Om deze reden heeft men voor het bedrijf van een lamp met voorgeschakelde weerstand aanzienlijk hoogere spanningen noodig dan voor het bedrijf met voorgeschakelde smoorspoel.

Opwarming en stabiliteit

De brandspanning E_B en het afgevoerde vermogen W van de kwikontlading stijgen beide met de dampdruk van het kwik. Wanneer men W als functie van E_B uitzet, dan krijgt men voor de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

kwiklamp HP 300 vrijwel een rechte lijn, die in *fig. 4* is afgebeeld. De krommen N_1, N_2, N_3 stellen de aan de lamp door het voorschakelapparaat toegevoerde energie eveneens als functie van de brandspanning voor en wel bij een nullastspanning van 410 volt$_{eff}$, en verschillende instellingen van de variabele spaarlektransformator. Het toegevoerde vermogen als functie van het spanningsverval aan de kwiklamp verloopt over een maximum. Dat is gemakkelijk in te zien: bij $E_B = 0$ staat op de lamp geen spanning, bij $E_B = 580$ volt vloeit door de lamp geen stroom. In werkelijkheid breekt de kromme al bij $E_B = 350$ volt af, omdat de herontsteekspanning dan hooger wordt dan de topwaarde van de nullastspanning (580 V).

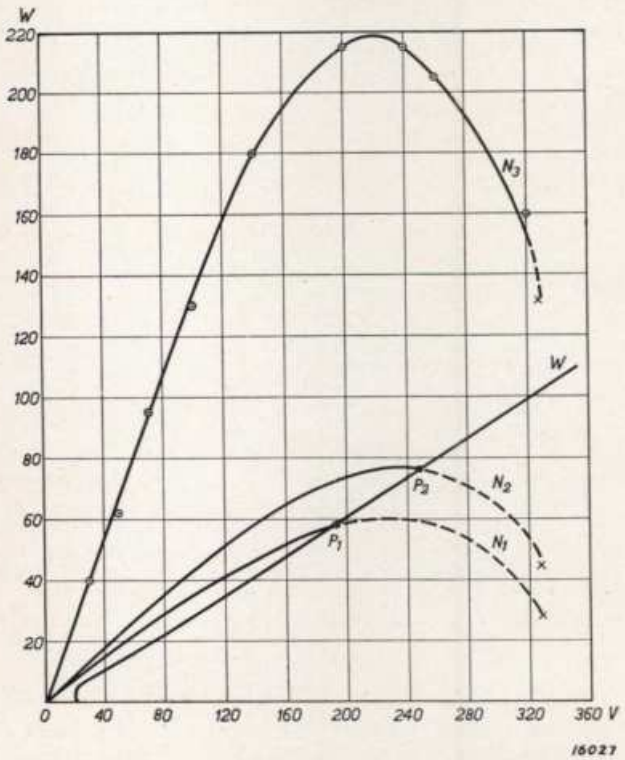

Fig. 4. De door de nieuwe kwiklamp per tijdseenheid afgegeven energie W als functie van het spanningsverval E_B onder normale omstandigheden van afkoeling. De krommen N_1, N_2 en N_3 geven de hoeveelheden energie weer, die aan de lamp bij een totale spanning van 410 volt$_{eff}$ en verschillende instellingen van de spaarlektransformator worden toegevoerd. De punten P_1 en P_2 beantwoorden aan stabiele toestanden van de lamp. Volgt de energietoevoer de bovenste kromme N_3, dan bestaat er geen stabiel punt. De lamp wordt dan steeds warmer en gaat uit, wanneer de herontsteekspanning hooger wordt dan de maximale spanning, die op de lamp komt te staan.

Schakelt men de koude lamp in, dan is allereerst de per tijdseenheid toegevoerde energie N grooter dan de afgegeven energie W. Dit heeft tot gevolg, dat de lamp warmer wordt, waardoor de brandspanning E_B en daarmee ook, zooals uit fig. 6 blijkt, het afgevoerde vermogen W toeneemt. Het toegevoerde vermogen als functie van E_B is bij normale belasting door de kromme N_2 gegeven. In dat geval eindigt de opwarming in de stationnaire toestand P_1 bij $E_B = 230$ volt waar de energie N_2 en de uitgestraalde energie W aan elkaar gelijk zijn.

Laten we nu de opwarmingskromme N_3 beschouwen, die gemeten is bij een sterk overbelaste lamp. Het afgegeven vermogen verloopt ook in dit geval volgens de kromme W. Aangezien de energietoevoer voortdurend grooter is dan de energie-afgifte, stijgt de temperatuur en daarmee ook de herontsteekspanning meer en meer, totdat (bij $E_B = 350$ volt) de topwaarde van de voedingsspanning ontoereikend is om de lamp te doen herontsteken. Dan dooft de ontlading uit, de temperatuur daalt, de lamp ontsteekt opnieuw, enz. enz.

Bij onderbelasting van de lamp (opwarmingskromme N_1) nemen we geen abnormaal gedrag waar. Het verschil tusschen de warmtetoevoer N_1 en de warmteafgifte W wordt echter, zooals uit de figuur blijkt, zeer klein, zoodat de tijd waarin de stationnaire toestand bereikt wordt, bij vermindering van de toegevoerde energie snel grooter wordt. Bovendien is de ligging van het punt P_1 (stationnaire toestand) zeer gevoelig voor kleine veranderingen in het verloop van de kromme N_1 en W, dus voor kleine veranderingen in de bedrijfsvoorwaarden, omdat de hoek, die N_1 en W onderling vormen zeer klein is.

Onder bijzondere omstandigheden (sterke afkoeling) kan het zelfs voorkomen, dat de te zwak belaste lamp heelemaal niet in haar normale bedrijfstoestand komt. Zulk een geval is voorgesteld in *fig. 5*. Het punt P bij de spanning E is de stationnaire toestand. Deze wordt echter niet bereikt. De lamp komt bij de opwarming niet over het punt P_0 (eerste snijpunt der krommen N en W) heen, blijft dus bij de zeer lage brandspanning E_0 steeds in de toestand van een lage-druk-kwik-

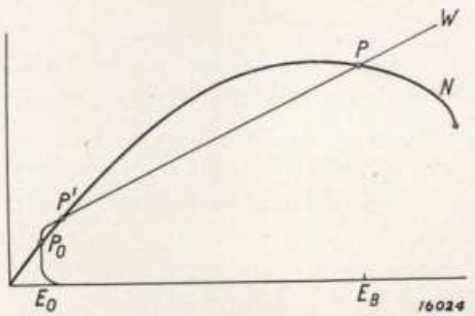

Fig. 5. Hetzelfde als in fig. 4, maar bij abnormaal sterke afkoeling en onvoldoende energietoevoer (schematisch). Het punt P, waar de lamp stabiel zou zijn, wordt nu niet bereikt, daar de energietoevoer N en de straling W elkaar reeds in het punt P_0 in evenwicht houden.

Digitized by www.freeservicemanuals.info
Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

ontlading. Om haar aan de gang te krijgen zou men op een of andere manier, bijv. door uitwendige verwarming, de dampdruk zoo hoog moeten opvoeren, dat de brandspanning stijgt tot boven het tweede snijpunt P' der krommen N en W. Dan wordt inderdaad de toegevoerde energie weer grooter dan de energieafgifte, zoodat de lamp vanzelf warmer wordt en haar normale toestand bereikt.

Samenvattend kunnen we dus zeggen, dat de normale belasting van de lamp binnen bepaalde grenzen vastligt. Bij te lage belasting wordt zij te langzaam warm en bij te hooge belasting gaat zij intermitteerend aan en uit. De middelste opwarmkromme beantwoordt aan de normale instelling van de spaarlektransformator 5450 G/86 voor een vermogen van 75 watt in de eindtoestand. De krommen van *fig. 6* geven een beeld van het verloop van het opwarmen als functie van de tijd.

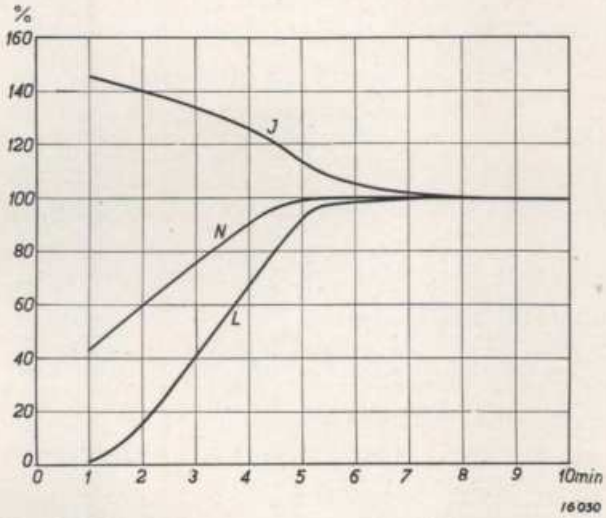

Fig. 6. Stroomsterkte I, vermogen W en lichtstroom L van de kwiklamp HP 300 in percent van de eindwaarde als functie van de tijd na het inschakelen. In ongeveer 5 minuten bereikt de lamp 90 % van haar volle lichtstroom.

Lichttechnische eigenschappen

De lichtstroom van de nieuwe kwiklamp bedraagt bij normale belasting 3000 lumen. Daar in het voorschakelapparaat ongeveer 15 watt verloren gaat, bereikt men een opbrengst van 33 lumen per watt [1]). De lichtverdeeling voor een verticaal hangende lamp in een gematteerde ballon is voorgesteld in *fig. 7*. Over het spectrum van de kwikontlading is reeds in een vroegere aflevering gesproken (Philips techn. T. 1, 5, 1936). Zooals daar is uiteengezet, hangt de spectrale intensiteitsverdeeling af van de dampdruk van het kwik. In het algemeen kan men zeggen: hoe hooger de dampdruk, des te rijker is het spectrum aan straling van langere golflengten (rood en infrarood) en des te meer worden aan de andere kant de ultraviolette resonantielijnen door de kwikdamp geabsorbeerd. Bovendien worden de lijnen

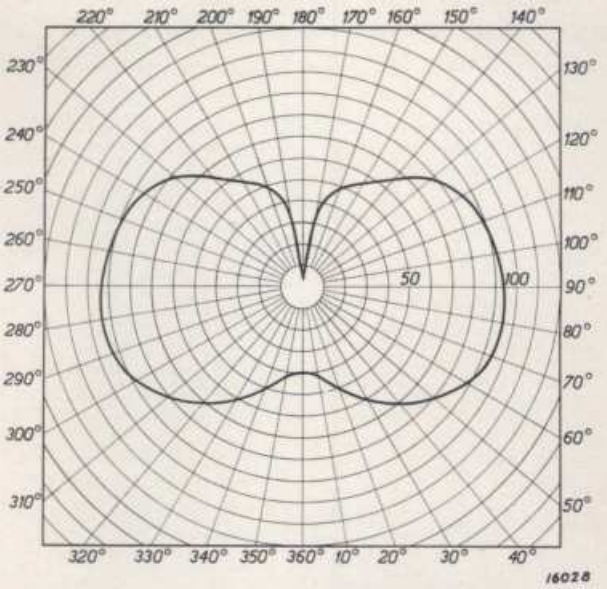

Fig. 7. Richtingsverdeeling van de lichtstroom van de kwiklamp HP 300 met gematteerde ballon.

steeds breeder en komt er tusschenin in het zichtbare gedeelte van het spectrum een continue ondergrond te voorschijn. *Fig. 8* stelt de intensiteitsverdeeling van het nieuwe kwiklampje in het zichtbare spectrum voor. De getallen bij de pieken van de intensiteitskromme geven de bijdrage van de betreffende lijnen tot de totale lichtstroom in percenten. Zooals te verwachten is, heeft het

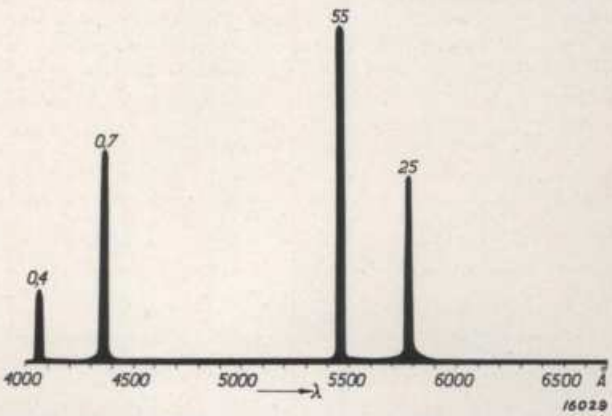

Fig. 8. Intensiteitsverdeeling van de straling van de nieuwe kwiklamp in het zichtbare gedeelte van het spectrum. De getallen aan de pieken van de intensiteitskromme geven de bijdrage van de betreffende lijnen tot de totale lichtstroom in percenten.

spectrum van deze lamp al een duidelijk continue achtergrond en ook een zekere hoeveelheid rood licht. Toch is de afwijking van de spectrale verdeeling van het daglicht en van gloeilampenlicht zeer aanzienlijk.

[1]) Een wolfraamlamp van hetzelfde vermogen heeft ca. 13 lumen watt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Om een gemakkelijk overzicht over de spectrale verdeeling te krijgen, kan men de golflengteschaal in enkele gebieden verdeelen, die zoo groot gekozen worden, dat zij bij een gelijkmatig over alle golflengten verdeelde straling dezelfde bijdrage tot de totale lichtstroom leveren. Dit is in *tabel II* gedaan met een verdeeling in vier gebieden. Zooals

Tabel II. Verdeeling van de lichtstroom van verschillende lichtsoorten over vier golflengtegebieden van het zichtbare spectrum in percent van de totale lichtstroom.

Golflengte-gebied in Å	Spectrum van constante intensiteit	Zon	Gloei-lamp	Kwik-lamp HP 300	Gemengd licht. G en H beteekenen de lichtstroomen van de gloeilamp resp. kwiklamp	
					$G/H = 1/1$	$G/H = 2/1$
4000—5300	25	26	14	8	10	12
5300—5580	25	26	22	58	40	34
5580—5880	25	25	28	31	30	29
5880—7000	25	23	36	3	20	25

blijkt uit de tabel, is over deze vier gebieden ook de straling van de zon praktisch gelijkmatig verdeeld. De gloeilamp is rijker aan straling van langere en armer aan die van kortere golflengte. De kwikdampontlading bevat voornamelijk geel en groen licht. De blauwe lijnen dragen wegens hun korte golflengte (4358 Å en 4047 Å) zeer weinig bij tot de lichtstroom. Straling van lange golflengte (boven 5880 Å) is weliswaar als continue achtergrond aanwezig, maar lang niet voldoende om een natuurlijke indruk te geven.

De beïnvloeding van de spectrale samenstelling van het licht

Uit proefnemingen is gebleken, dat de indruk, die kleurige ruimten bij verlichting met kwiklampen wekken, veel verbeterd kan worden door toevoeging van roode straling. Om dit te bereiken zijn er verschillende mogelijkheden, bijv. het toepassen van roodfluoresceerende reflectors of het toevoegen van licht van gloeilampen, dat zooals we gezien hebben vergeleken met daglicht een overschot aan roode straling bevat. Om een numeriek voorbeeld te kunnen geven, zijn in tabel II twee gevallen van gemengde verlichting opgenomen. De gunstigste aanpassing schijnt bereikt te worden, wanneer ongeveer twee derde van de lichtstroom wordt geleverd door gloeilampen en één derde door de nieuwe kwiklamp. In dat geval komen de hoeveelheden gele en roode straling voldoende overeen met die van de zon, maar blijft een overschot bestaan van groene straling en een overeenkomstig gebrek aan blauwe. Een nauwkeurige aanpassing bij de spectrale intensiteitsverdeeling van de zonnestraling kan natuurlijk niet bereikt worden en misschien is het niet eens gewenscht daar naar te streven. Het is zeer waarschijnlijk, dat het oog bij kunstverlichting wegens de meestal geringere helderheid een andere spectrale intensiteitsverdeeling verlangt dan bij daglicht. De gunstigste mengverhouding van kwiklicht en gloeilampenlicht kan om deze reden alleen proefondervindelijk vastgesteld worden.

Bewerkt door G. HELLER.

Digitized by www.freeservicemanuals.info
Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

DE GELUIDSSCHRIJVER VAN HET PHILIPS-MILLER-SYSTEEM

door A. TH. VAN URK.

Inhoud. Een belangrijk probleem bij de uitwerking van het Philips-Miller-systeem, waarvan de beginselen in de vorige aflevering van dit tijdschrift uiteengezet zijn [1]), vormde de constructie van de geluidsschrijver. Het verband tusschen de resonantiefrequentie en de te bereiken amplitude wordt in dit artikel voor verschillende constructies onderzocht. Men vindt, dat de amplituden, die bereikt kunnen worden, onder alle omstandigheden zeer klein zijn (van de orde van grootte van 0,1 mm). Pas door de sterke vergrooting met behulp van de Miller-beitel wordt het mogelijk om een geluidsspoor van normale breedte (ong. 2 mm) op te teekenen. Het electromagnische aandrijfsysteem, alsook de verdere bijzonderheden van de geluidsschrijver worden hier beschreven.

In de vorige aflevering van dit tijdschrift is de grondgedachte van het Philips-Miller-systeem voor geluidsregistratie uiteengezet en een vergelijking gemaakt tusschen dit en de tot dusver gebruikelijke systemen [1]). Daarbij werden ook al eenige moeilijkheden opgesomd, die bij de uitwerking van het nieuwe systeem moesten worden overwonnen. In het bijzonder werd er op gewezen, dat de constructie van het apparaat, dat het geluid langs mechanische weg moet registreeren, d.i. de geluidsschrijver, het meest essentiëele probleem van de methode vormde.

Wij herhalen in het kort de grondgedachte van het systeem. Onder een beitel S door wordt een band getrokken, die bestaat uit een celluloid onderlaag C, waarop een gewone doorzichtige gelatinelaag G, die op zijn beurt weer bedekt is met een dunne ondoorzichtige deklaag D (*fig. 1*). De beitel heeft de in fig. 1 zichtbare stompe wigvorm. Bij zijn door de geluidstrillingen bestuurde beweging loodrecht op de band snijdt de beitel een strook van wisselende breedte uit de deklaag, er ontstaat zoodoende een doorzichtig geluidsspoor op een ondoorzichtige ondergrond. Het aldus langs mechanische weg verkregen spoor wordt door optische aftasting gereproduceerd.

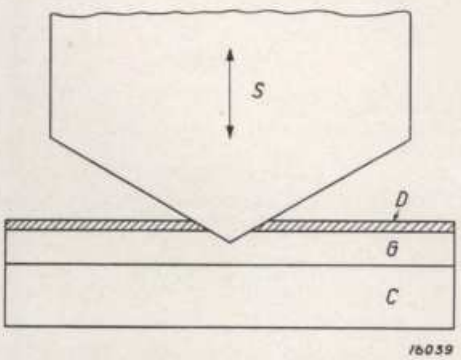

Fig. 1. Principe van het Philips-Miller-systeem. S = wigvormige beitel, C = celluloid onderlaag, G = doorzichtige gelatinelaag, D = ondoorzichtige deklaag van de „Philimil"-band, waarop het geluidsspoor ontstaat.

Er is uiteengezet, dat door mechanische registreering met optische weergave te verbinden, bijzondere voordeelen worden verkregen. Deze methode bracht echter de moeilijkheid met zich mede, dat (bij dezelfde geluidsamplitude) de te registreeren amplitude, die wegens de optische weergave onafhankelijk moet zijn van de frequentie, bij de hoogere frequenties veel grooter moet zijn dan bij de tot nu toe gebruikelijke systemen met mechanische registratie (gramofoonplaat). Het mechanische trillingsysteem, dat gevormd wordt door het aandrijfmechanisme van de beitel, moet, om in het in muzikaal opzicht belangrijke frequentiegebied een amplitude te krijgen, die onafhankelijk van de frequentie is, een zeer hooge resonantiefrequentie bezitten [2]).

Deze voorwaarde is niet vereenigbaar met een groote amplitude [3]). Pas door de van Miller aangegeven wigvorm van de beitel, met een wighoek van 174°, en de daarmee bereikte 40-voudige vergrooting is het mogelijk geworden met een amplitude van de beitel van 25 μ de film te moduleeren. Doch ook met deze schijnbaar zoo kleine amplitude bevindt men zich — bij de vermelde hooge resonantiefrequentie — reeds aan de grens van hetgeen practisch verwezenlijkt kan worden [4]).

Amplitude en eigenfrequentie van de geluidsschrijver.

Bij een hooge eigenfrequentie wordt het trillende systeem tamelijk ongevoelig, het reageert slechts met

[1]) R. Vermeulen: Het Philips-Miller-systeem voor geluidsregistratie. Philips techn. T. **1**, 107, 1936.

[2]) Philips techn. T. **1**, 107-114, 1936. Zie aldaar formule (1) en fig. 10 op pag. 112.

[3]) Zooals bekend is de maximale amplitude van het spoor op de film 1,8 mm. (Wij rekenen eenvoudigheidshalve met 2 mm).

[4]) Ter vergelijking diene, dat de membraan van een krachtige luidspreker bij de hoogste frequenties trilt met amplituden van eenige tienden μ.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

kleine uitslagen en men moet voor beduidende aandrijfkrachten zorg dragen teneinde een voldoende amplitude te verkrijgen. Aan deze vergrooting der krachten wordt echter een grens gesteld door de toelaatbare spanningen in het materiaal. Het is merkwaardig, dat deze grens onafhankelijk is van de afmetingen van de geluidsschrijver en slechts bepaald wordt door eigenschappen van het materiaal op zichzelf. Dit is gemakkelijk te begrijpen als men een eenvoudig voorbeeld beschouwd.

Wij zullen een aan één zijde ingeklemde staaf met cirkelvormige doorsnede beschouwen (*fig. 2*).

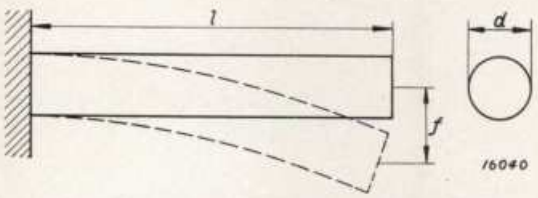

Fig. 2. Eenzijdig ingeklemde staaf met cirkelvormige doorsnede als eenvoudig mechanisch trillingsysteem. Staaflengte l, diameter van de doorsnede d, doorbuiging f.

De laagste eigenfrequentie n der buigingstrillingen bedraagt:

$$n = 0{,}140\ d\ c/l^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

waarbij d en l de in fig. 2 aangegeven afmetingen van de staaf voorstellen en c de voortplantingssnelheid beteekent van het geluid in de staaf. De doorbuiging f van het uiteinde van de staaf voor de trillingsvorm, die behoort bij deze laagste eigenfrequentie, is te schrijven:

$$f = {}^2/_3 \cdot \frac{\sigma_{max}}{E} \cdot \frac{l^2}{d} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

waarin E de elasticiteitsmodulus beteekent en σ_{max} de grootste spanning, die in de staaf optreedt. Vermenigvuldigen wij deze beide vergelijkingen met elkaar, dan krijgen wij:

$$n\ f = 0{,}0935\ \sigma_{max}\ c/E \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

De afmetingen l en d van de staaf komen niet meer hierin voor. Bij andere vormen van het trillende systeem zou men dit ook vinden. Vult men in formule (3) de voor ijzer geldende waarden: $c = 5.10^5$ cm/sec en $E = 2{,}10^6$ kg/cm² in en neemt men verder $f = 25\ \mu$ en $\sigma_{max} = 1300$ kg/cm² (d.i. ongeveer de toe te laten belasting van het materiaal), dan krijgt men:

$$n = 12000 \text{ hertz}$$

Wij zien hieruit, dat de aldus berekende grens der eigenfrequentie nog voldoende boven de geluidsfrequenties ligt.

De wijze van aandrijving

Bij een gegeven eigenfrequentie van de schrijver is de te bereiken amplitude niet alleen door de evenredigheidsgrens van het materiaal bepaald, maar ook door de krachten, die voor de aandrijving ter beschikking staan. Er komen in hoofdzaak twee wijzen van aandrijving in aanmerking: de electrodynamische en de electromagnetische. Bij de electrodynamische systemen ondervindt een spoel, waar een varieerende stroom I (in ampere) doorheen gaat, een kracht in een constant magnetisch veld H (*fig. 3*). Dan werkt op de spoel de kracht $0{,}1\ H\ l\ I$ als l de draadlengte van de spoel

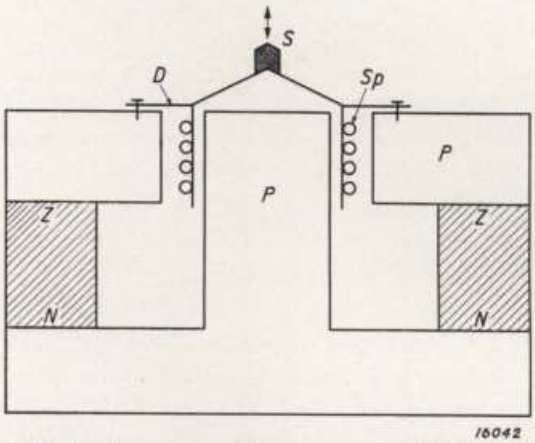

Fig. 3. Electrodynamisch systeem voor aandrijving. De spoel Sp, waar de microfoonstroomen doorheen gaan, beweegt in het door de magneet ZN opgewekte permanente veld tusschen de poolschoenen P. De spoel is met een bladveer D vastgeklemd gedacht. Bij S zou de beitel bevestigd moeten worden, de beweging gaat in de richting van de dubbele pijl.

is. Is verder de massa m, en is de spoel zoo vastgeklemd, dat de resonantiefrequentie $\omega/2\pi$ is, dan wordt de amplitude van de spoel:

$$a = \frac{0{,}1\ H\ l\ I}{m\ \omega^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Voeren we nog de oppervlakte van de doorsnede q in en de dichtheid ϱ van de draad van de spoel, verder de stroomdichtheid i, dan kunnen we substitueeren [5]) $I = i.q$ en $m = l.q.\varrho$ en we krijgen tenslotte voor de amplitude:

$$a = 0{,}1\ \frac{H.\ i}{\varrho\ \omega^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Hieruit zijn weer alle afmetingen van het systeem weggevallen. Om bij een gegeven resonantiefrequentie een groote amplitude te verkrijgen, zou men H en i groot en ϱ klein moeten maken. In de practijk kan men hoogstens verwezenlijken een maximum veldsterkte $H = 15000$ gauss, een maximum stroomdichtheid $i = 10$ A/mm² en een

[5]) Wij verwaarloozen hier de kleine massa van het lichaam, waar de spoel op gewikkeld is.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info

minimum dichtheid $\varrho = 3$ gr/cm³ (aluminium). Met de zeer lage resonantiefrequentie van 3500 hertz ($\omega = 2\,\pi.\,3500$) berekent men hiermee uit (5) de bereikbare amplitude $a = 10\ \mu$, wat voor volle modulatie van het spoor onvoldoende is. Verder kan men moeilijk komen door de beperkingen, die door eigenschappen van het materiaal worden opgelegd.

Uit dien hoofde werd de electromagnetische aandrijfmethode gekozen.

Bij de electromagnetische methode van aandrijven (*fig. 4*) is in tegenstelling met de electrodynamische de te bereiken amplitude van de

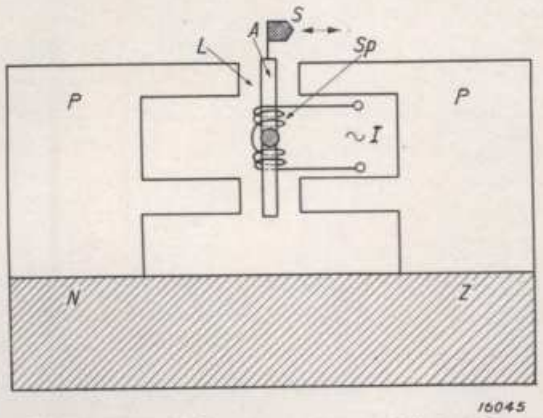

Fig. 4. Electromagnetisch systeem voor aandrijving. Het anker A, waaromheen de spoel Sp (microfoonstroom I) ligt, beweegt in de luchtspleet L tusschen de poolschoenen P. De beitel wordt bij S aangebracht, hij beweegt zich in de richting van de dubbele pijl.

afmetingen van het systeem afhankelijk. De berekening van a levert de volgende uitdrukking:

$$a = k\,\frac{H_o\,\Delta H}{\varrho\,\omega^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

waarin ΔH het wisselende veld in het anker A en H_o het veld van de permanente magneet P in de luchtspleet L voorstelt. De factor k heeft de dimensie van een reciproke lengte en is omgekeerd evenredig met de afmetingen van het systeem. Door de schrijver te verkleinen kan men zijn uitslag verhoogen; hieraan is echter o.a. een grens gesteld, doordat de luchtspleet L essentieel grooter moet blijven dan de amplitude a, waarmee het anker trilt. Bij een resonantiefrequentie van ongeveer 5000 Hertz werd met de methode van aandrijven, die geschetst is in fig. 4, een amplitude van ongeveer 30 μ verkregen.

Beschrijving van de geluidsschrijver

Fig. 5 geeft een schematische voorstelling van de geluidschrijver, *fig. 6* hetzelfde van het inwendige van het aandrijfsysteem. In *fig. 7* is het anker afzonderlijk afgebeeld.

Het anker is door twee korte verbindingsstaafjes T, die als torsieassen dienst doen, met de beide klemplaten Pl verbonden (fig. 7). Bij het ontwerpen van de geluidsschrijver komt allereerst de eisch naar

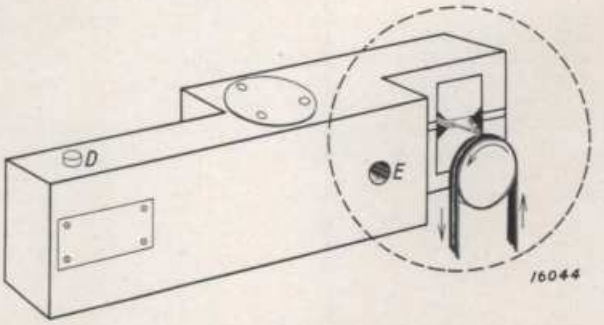

Fig. 5. Schematische afbeelding van de geluidschrijver. Om de snijdiepte van de beitel in de band te regelen kan de geluidschrijver met behulp van de verstelbare pin D om de as E gedraaid worden. Het door een gestippelde cirkel aangeduide gedeelte is in fig. 6 vergroot weergegeven.

voren, te zorgen, dat de luchtspleet (L in fig. 4), waarin het anker bewogen wordt, groot moet zijn vergeleken bij de amplitude van het anker, omdat anders de ankeruitslag niet evenredig wordt met de kracht. Anderzijds moet de luchtspleet klein zijn om de magnetische weerstand van de magnetische kring niet te groot te maken. De luchtspleet is 0,12 mm lang. De nauwkeurige instelling van deze lengte wordt op de volgende wijze verkregen. Het anker wordt met de klemplaten Pl en de

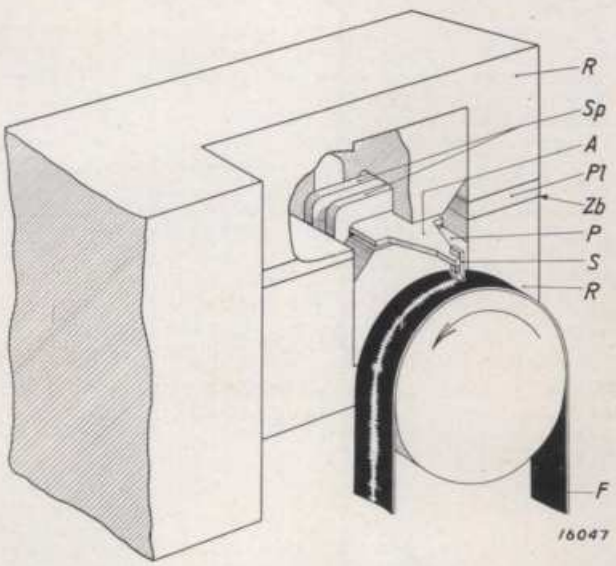

Fig. 6. Het inwendige van het aandrijfsysteem. Men ziet de in het messingraam R vervatte poolschoenen P (Z = zuidpool, N = noordpool) waartusschen het anker A beweegt. Om het anker A liggen de spoelen Sp, die de beweging er van veroorzaken; het is met de klemplaten Pl tusschen de beide raambelften ingeklemd, waarbij de heel dunne tusschenplaatjes Zb voor het nauwkeurig aanhouden van de gewenschte luchtspleet tusschen A en P zorg dragen. Het anker A draagt aan een verlengstuk de beitel S, die in de band F, bij de beweging daarvan in de richting van de pijl, het geluidspoor snijdt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

bovenvermelde staafjes T uit één stuk gemaakt en goed vlak geslepen. Evenzoo worden de bovenste poolschoen samen met de bovenste helft van het messing raam R, waarin hij vervat is, en de onderste poolschoen met de onderste raamhelft aan de voorzijde vlak geslepen. Bij het inklemmen van het anker worden tusschen de eindvlakken van het raam

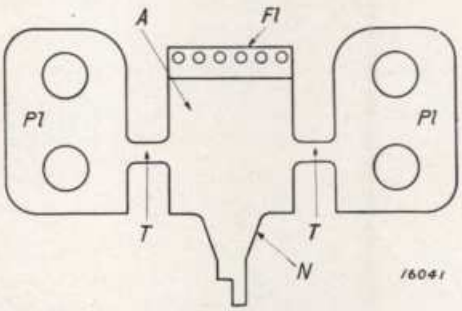

Fig. 7. Het vlakke ankerblok bestaat uit het eigenlijke anker A, de staafjes T, die als torsie-assen dienst doen en de klemplaten Pl. Het anker heeft een verlengstuk N ter bevestiging van de beitel en een vin Fl, die voor het aanbrengen van een extra demping dient, zie bl. 141.

en de klemplaten Pl dunne plaatjes Zb (fig. 6) van precies 0,12 mm dikte gevoegd. Dit is dan ook de afmeting van de luchtspleet tusschen poolschoen en anker. De aanzienlijke torsiestijfheid van de korte staafjes, waarmee het anker ingeklemd is, brengt de groote stijfheid mede en daardoor de hooge resonantiefrequentie van het anker, waarover reeds meermalen gesproken is.

Om de hooge veldsterkte H_o resp. ΔH te bereiken, die hier vereischt zijn (verg. (5)), moest ook gezorgd worden, behalve voor een nauwe luchtspleet, voor een kleine magnetische weerstand van de ijzerkring zelf. De poolschoenen hebben daarom een groote doorsnede en zijn vervaardigd van een nikkel-ijzer-legeering, een materiaal met hooge permeabiliteit en hooge magnetische verzadiging. Ook is het electrische geleidingsvermogen van dit materiaal klein, zoodat verliezen door wervelstroomen en door hysteresis klein blijven. De mechanische sterkte van deze legeering is echter te klein om er het anker uit te kunnen vervaardigen. Dit is daarom gemaakt van een silicium-ijzer (4 % Si), dat ongeveer dezelfde magnetische en electrische eigenschappen heeft als de nikkel-ijzer-legeering, echter veel harder en brozer is. De brosheid is hier niet hinderlijk, omdat het anker slechts een betrekkelijk eenvoudige bewerking ondergaat. In *fig. 8* is de schrijver voorgesteld, gemonteerd op de tafel van de registreermachine.

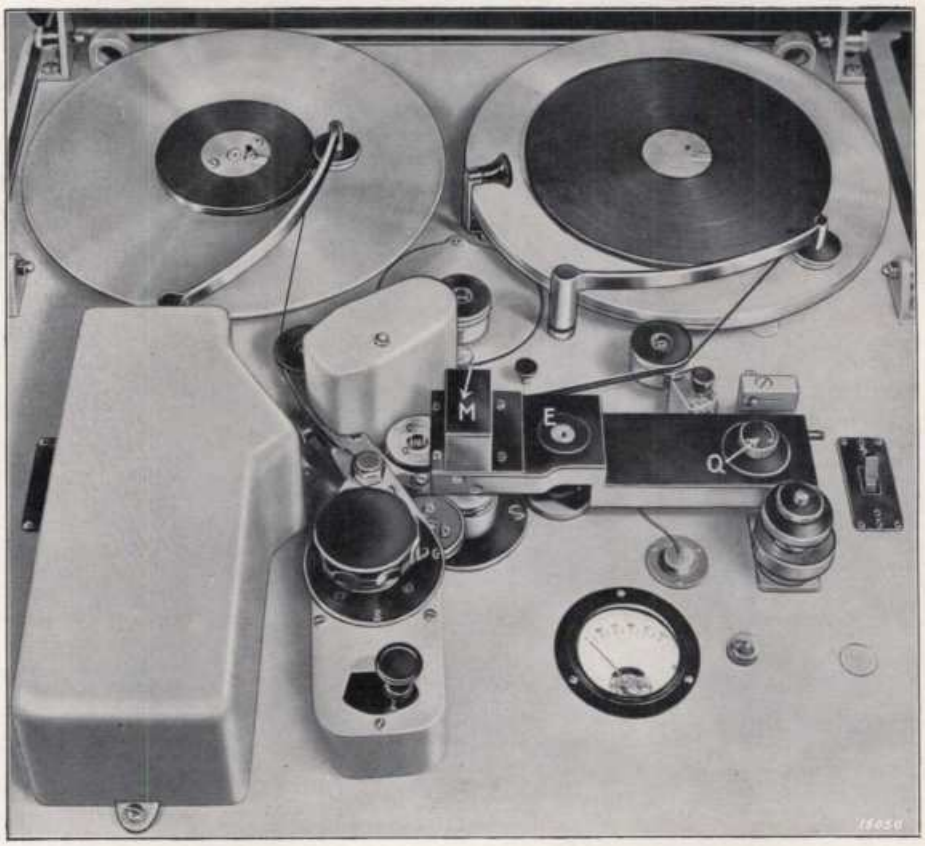

Fig. 8. Geluidsschrijver gemonteerd op de tafel van de registreermachine. Met de micrometerschroef Q, die een pin verschuift (hier onzichtbaar, zie D in fig. 5) kan het heele apparaat om de as E gedraaid worden ter instelling van de snijdiepte.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info

Frequentiekarakteristieken van de geluidsschrijver

Bepaalt men de frequentiekarakteristiek van de geluidsschrijver in onbelaste toestand, d.w.z. zonder dat de beitel in de band snijdt, dan krijgt men ongeveer een resonantiekromme uit het stel krommen, dat in fig. 10 op blz. 110 van de vorige aflevering van dit tijdschrift afgebeeld was, dus de resonantiekromme van een eenvoudig mechanisch trillingsysteem. Deze karakteristiek is afgebeeld in *fig. 9*, kromme *A*. Bepaalt men de overeenkomstige karakteristiek van de belaste geluidsschrijver [6]), d.w.z. bij het snijden van een geluidsspoor, dan

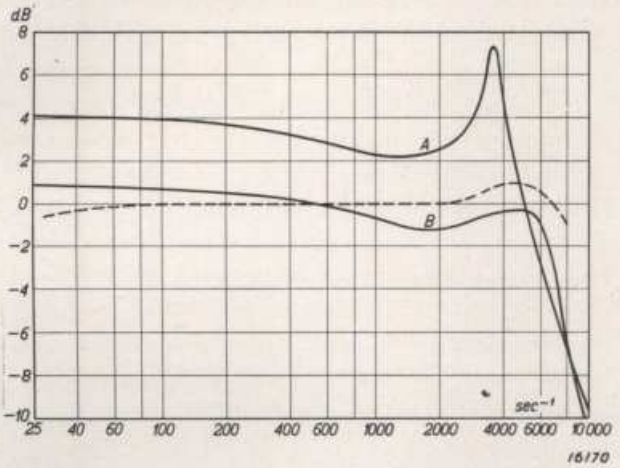

Fig. 9. Karakteristieken van de geluidsschrijver: *A* in onbelaste toestand (beitel vrij trillend), de resonantie ligt hier ongeveer bij 3500 hertz; *B* in belaste toestand (beitel snijdt een geluidsspoor), door de stijfheid van de band is de resonantie verschoven naar 5000 hertz en de gevoeligheid van het systeem, d.i. de amplitude bij dezelfde spoelstroom, is ongeveer 3 dB (3 decibel, overeenkomstig een faktor $10^{0,3} = 2$) afgenomen; tengevolge van de demping door de band is de resonantiepiek afgevlakt. De afwijkingen van het horizontale verloop die kromme *B* nog vertoont, worden tenslotte verregaand gecompenseerd door een geschikte karakteristiek van de versterker. De gestippelde kromme *C* vertoont het verloop van de frequentiekarakteristiek van de geheele apparatuur voor geluidsregistratie en weergave. (De krommen *A* en *B* gelden voor een experimenteele geluidsschrijver. De karakteristiek van een geluidsschrijver uit de fabricage, die weinig hiervan verschilt, is weergegeven op pag. 113 van de vorige aflevering, fig. 11.)

verandert de vorm en de absolute hoogte van de resonantiekromme (fig. 9, kromme *B*). De afvlakking van de resonantiepiek is te wijten aan de demping, die de ankertrillingen ondergaan door de band. Tegelijkertijd is ook een kleine zijwaartsche verschuiving van de ligging van het resonantiemaximum te zien. Dit is een gevolg daarvan, dat de band niet slechts een demping (die alleen energie verbruikt) van de beweging van de beitel veroorzaakt, maar ook, zooals reeds vermeld, een elastische kracht er op uitoefent, die een bijdrage levert tot de stijfheid van het geheele trillingsysteem. Het gevolg daarvan is een verhooging van de resonantiefrequentie. Bovendien wordt de gevoeligheid van het systeem kleiner, zoodat de heele kromme lager verloopt. Bij de inklemming van het anker (dimensies van de torsiestaafjes *T*, fig. 7) is met de te verwachten verhooging van de resonantiefrequentie reeds rekening gehouden: in onbelaste toestand ligt deze frequentie bij ongeveer 3550 hertz, door de richtkracht van de band wordt ze verhoogd tot ongeveer 5000 hertz (krommen *A* en *B* in fig. 12). Het dalen van de karakteristieken in het gebied tusschen 100 en 1000 hertz is een gevolg van de verliezen in het ijzer, die bij toenemende frequentie stijgen.

[6]) De meting van deze karakteristiek gebeurt zoo, dat men een constante stroom van continu toenemende frequentie door het spoeltje van de geluidschrijver stuurt en de beitel het bijbehoorende spoor laat snijden. Meting van de amplituden van dit spoor onder de microscoop levert onmiddellijk de karakteristiek (amplitude als functie van de frequentie). De geluidschrijver teekent als het ware zijn eigen karakteristiek op de band.

Mogelijke oorzaken van vervormingen

Bij de weergave van muziek komt het tenslotte daarop aan, dat de verschillende geluidstrillingen, waaruit ze is samengesteld, „onvervormd" worden weergegeven. Daarvoor is noodig, dat de onderlinge sterkteverhouding van de tonen bewaard blijft, d.w.z. de frequentiekarakteristiek van de geheele apparatuur moet zoo goed mogelijk horizontaal verloopen. Kleine afwijkingen van dit verloop zijn niet erg hinderlijk, eerst een aanzienlijke afwijking wordt als verandering van het timbre bemerkbaar. Bovendien kunnen de afwijkingen van het horizontale verloop van de frequentiekarakteristiek, die in het eene deel van de geheele apparatuur optreden, bijv. in de geluidsschrijver bij kromme *B*, fig. 9, gemakkelijk in een ander deel, bijv. in de versterker, weer gecompenseerd worden. Zoo stelt de gestippelde kromme *C* in fig. 9 de frequentiekarakteristiek voor van de geheele apparatuur voor geluidsregistratie en weergave; men ziet, dat ze practisch volkomen horizontaal loopt.

Behalve verandering in het timbre is nog een ander soort van vervorming mogelijk, die veroorzaakt wordt door het ontstaan van nieuwe tonen, met in de aankomende geluidstrillingen heelemaal niet aanwezige frequenties. Deze vervorming treedt op, wanneer de uitgangsamplitude (voor iedere afzonderlijke frequentie) niet precies evenredig is met de inkomende amplitude; men spreekt dan van een „niet-lineaire" vervorming.

Bij de geluidsschrijver moet dus de geregistreerde amplitude A evenredig zijn met de stroomsterkte I in het ankerspoeltje, d.w.z. $A = f(I)$ moet een lineaire functie zijn. Is dat niet het geval, maar bevat bijv. de functie nog een kwadratisch lid en vullen we nu voor I een sinustrilling $I_o \sin \omega t$ in,

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

dan komt in $f(I)$ ook een lid met $sin^2 \omega t$ voor, dus [7]) met $cos\ 2\ \omega t$. Derhalve treedt dan in A niet alleen de oorspronkelijke frequentie ω op, maar ook de tweede harmonische $2\ \omega$. Wijkt de functie $f(I)$ sterker af van de lineariteit, dan kan een heele reeks harmonischen van elke toon, die in de te registreeren muziek voorkomt, ontstaan. Vullen we verder voor I de som van verschillende sinustrillingen in (dit is het practisch steeds voorkomende geval), bijv. $I_1\ sin\ \omega_1 t + I_2\ sin\ \omega_2 t$, dan komt in A onder anderen ook een lid met de frequentie $(\omega_1 - \omega_2)$ en één met $(\omega_1 + \omega_2)$ voor. Er ontstaan dus behalve de reeds genoemde harmonischen (boventonen) ook som- en verschiltonen. Deze vormen geluiden, die geheel los staan van de oorspronkelijke te registreeren muziek, en daardoor muzikaal zeer hinderlijk kunnen zijn.

Een „niet-lineaire" vervorming is daardoor voor het oor veel storender dan die, welke het gevolg is van een niet-horizontale frequentiekarakteristiek (zuivere verandering van timbre, zie boven). Bovendien kan een niet-rechte amplitudekarakteristiek van één schakel der overbrenging, in tegenstelling met een niet-horizontale frequentiekarakteristiek, moeilijk in een daaropvolgende schakel gecompenseerd worden. Het is dus zaak, bij iedere schakel zoo goed mogelijk alle niet-lineariteit te vermijden.

Er zijn verschillende oorzaken denkbaar, die zouden kunnen maken, dat in de Philips-Millergeluidsschrijver een afwijking van de evenredigheid tusschen de geregistreerde amplitude en de spoelstroom zou optreden. In hoofdzaak komen hier drie dingen in aanmerking. Ten eerste kan een niet-lineaire vervorming ontstaan door de magnetische omstandigheden. Om de Amplitude A van de ankerbeweging evenredig met de spoelstroom I te krijgen moet, zooals uit (6) volgt, het door I opgewekte wisselveld ΔH in de luchtspleet evenredig met I zijn. Het verband tusschen deze wisselveldsterkte in de luchtspleet en de spoelstroom wordt echter bepaald door de totale magnetische kring, die bestaat uit de luchtspleet en de ijzerdeelen. In een magnetische kring die alleen uit lucht bestaat, bestaat die evenredigheid altijd, daar lucht een constante permeabiliteit heeft, of, zooals we ook kunnen zeggen, een constante magnetische weerstand heeft voor de magnetische flux. In ijzer daarentegen is deze magnetische weerstand, zooals bekend is, niet constant, doch hangt af van de veldsterkte. Daarom zal in een magnetische kring, die alleen uit ijzer bestaat, het verband tusschen wisselveld en spoelstroom meer of minder sterk niet-lineair zijn, naar gelang het gedeelte van de magnetiseeringskromme waarop men zich bevindt. Daar de magnetische weerstand van de geheele kring additief is samengesteld uit de „lineaire" weerstand van de luchtspleet en de „niet-lineaire" weerstand van het ijzer kan men klaarblijkelijk de gewenschte lineariteit bij benadering bereiken door de magnetische weerstand van het ijzer in de kring klein te maken in vergelijking met de weerstand van de luchtspleet. Dit is bereikt door een ijzersoort te kiezen met hooge wisselstroompermeabiliteit [8]), en door de afmetingen van de doorsnede van het ijzer, in het bijzonder van de poolschoenen, zeer groot te maken. Om een hooge permeabiliteit van het ijzer te waarborgen moet men natuurlijk zorgen steeds ver genoeg beneden het verzadigingsgebied van de magnetiseeringskromme te werken, d.w.z. bij veldsterkten, waarbij de permeabiliteit nog zeer groot is.

Een tweede mogelijke oorzaak van niet-lineaire vervorming is deze, dat de verschillende deelen van het mechanische trillingsysteem, die torsie en buiging ondergaan, bij het trillen tot boven de evenredigheidsgrens gedeformeerd worden. Daar dit het eerst het geval zal zijn bij scherpe hoeken en kanten waar onder bepaalde omstandigheden spanningspieken optreden, zijn hoeken en kanten afgerond, in het bijzonder bij de ankerassen en de plaatsen van inklemming. Een experimenteele controle door belasting van het anker met gewichten (1—2 kg) en meting van de doorbuiging onder de microscoop, leverde als resultaat, dat de wet van H o o k e tot de grootste krachten, die door de band kunnen worden uitgeoefend, nauwkeurig blijft gelden.

Tenslotte kan een niet-lineaire vervorming ook daardoor ontstaan, dat de demping door de band niet lineair werkt, d.w.z. dat de weerstand van de band niet exact evenredig is met de snelheid van de beweging van de beitel [9]). Inderdaad waren aanwijzingen aanwezig, dat hierdoor een zekere vervorming in de registratie optrad. Het bleek namelijk, dat bij het registreeren van een trilling met een frequentie, die de helft of een derde van de resonantiefrequentie was, ook deze laatste zelf een weinig mee geregistreerd werd, d.w.z. er werden in de geluidsschrijver tot op zekere hoogte ook de tweede en derde harmonische der te registreeren trillingen mee opgewekt (dit is immers, zooals we

---

[7]) Immers geldt de betrekking $sin^2\ \alpha = {}^1/_2\ (1 - cos\ 2\ \alpha)$.

[8]) Bij de gekozen nikkel-ijzer-legeering is $\mu > 600$, wanneer de inductie in het ijzer (poolschoenen), die wat de getalwaarde betreft nagenoeg gelijk is aan de veldsterkte in de luchtspleet (afgezien van de spreiding), ongeveer 10000 bedraagt.

[9]) Bijv. zou hij ook kunnen afhangen van de snijdiepte,

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info

gezien hebben, het wezen van niet-lineaire vervorming). Om deze ongewenschte invloed van een niet-lineaire demping door de band onschadelijk te maken, werd aan het trillingsysteem nog een (lineaire) extra demping gegeven; de demping door de band vormt dan slechts nog een deel van de totale, en haar niet-lineariteit wordt dus minder stoorend. De extra demping werd zoo teweeggebracht, dat men het anker aan de tegenovergestelde kant van het verlengstuk een soort vin (*Fl*) geeft, die zich bij de trilling van het anker in een plastisch materiaal (*R*) beweegt. De wijze, waarop deze vin en het dempingsmateriaal zijn aangebracht, in de door de poolschoenen en het magneetblok gevormde kamer, is te zien in *fig. 10*; om het dempingsmateriaal beter te doen hechten heeft de vin een aantal gaten.

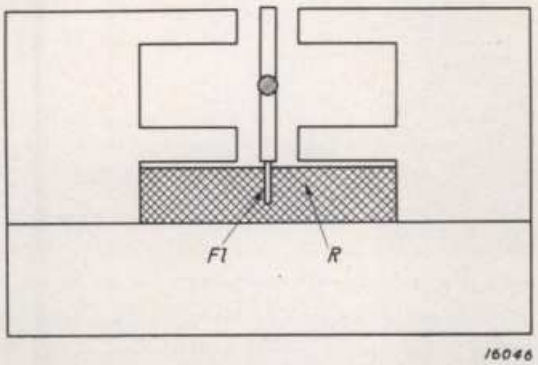

Fig. 10. Er is een extra demping aangebracht om de invloed van de niet-lineaire demping, die de weerstand van de band veroorzaakt, kleiner te maken. Aan het anker is een vin *Fl* (zie ook fig. 7) bevestigd, die beweegt in een speciaal voor dit doel uitgewerkt dempingsmateriaal *R*, waarmee de door de poolschoenen en de magneet gevormde kamer is opgevuld.

Fig. 11 vertoont het door meting gevonden verband tusschen de stroomsterkte *I* in mA (bij een frequentie van 200 hertz) in het ankerspoeltje (1200 windingen) en de amplitude *A* in mm, die de geluidschrijver bij de verschillende stroomsterkten op de „Philimil"-band registreert. Men ziet dat door de boven beschreven maatregelen: kleine bijdrage van het ijzer tot de totaalweerstand van de magnetische kring, vermijding van pieken in de spanning van het materiaal, dat aan torsie is blootgesteld, en kleiner maken van de invloed van de niet-lineaire demping door de band, een practisch voldoend lineaire geluidsregistratie is bereikt.

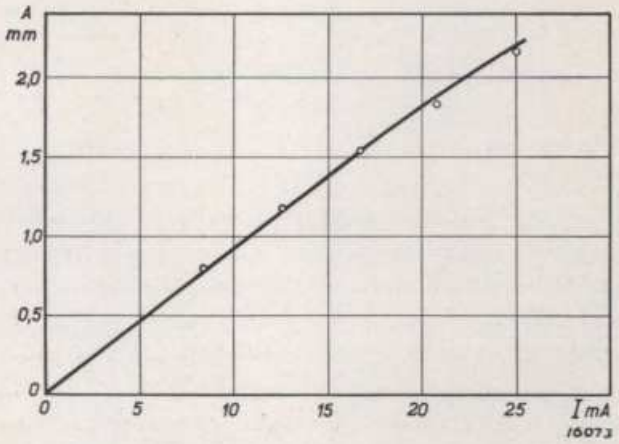

Fig. 11. Afhankelijkheid van de door de geluidsschrijver geregistreerde amplitude *A* (in mm) van de stroomsterkte *I* (in mA) in het ankerspoeltje, bij een frequentie van 200 hertz. De lijn is bij goede benadering een rechte en dus is aan de eisch van evenredigheid goed voldaan.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info

HET HELDERHEIDSBEGRIP IN VERBAND MET DE WEGVERLICHTING EN DE FOTOMETRIE

door P. J. BOUMA.

Samenvatting. In de verlichtingstechniek verstaat men onder helderheid de grootheid $H = C \int E(\lambda)\, V(\lambda)\, d\lambda$, waarin C een constante, $E(\lambda)$ de relatieve spectraalverdeeling en $V(\lambda)$ de internationaal vastgelegde standaard-ooggevoeligheidskromme voorstelt. Bij de bestudeering van verschillende physiologisch-optische problemen — in het bijzonder dat der wegverlichting — blijkt echter behoefte te bestaan aan een ander begrip, de z.g. subjectieve helderheid (h), dat nauwer aansluit bij ons intuïtieve helderheidsbegrip, en waarvan de definitie dan ook zoo gekozen wordt dat twee vlakjes, die op het oog de indruk „even helder" maken, ook dezelfde waarde van h krijgen. Bij hooge helderheden (daglicht) dekken de twee begrippen elkaar; bij lage helderheden (wegverlichtingsniveau en lager) treden groote verschillen op. De beteekenis dezer verschillen voor fotometrie, physiologie en wegverlichting wordt in het kort aangegeven.

Bij de problemen der wegverlichting speelt het helderheidsbegrip een zeer belangrijke rol; het is daarom van belang dit begrip zoo nauwkeurig mogelijk vast te leggen, temeer waar vele misverstanden en tegenstrijdigheden in de literatuur hun oorzaak vinden in de minder scherpe formuleering van dit begrip.

Wat leert ons de directe ervaring? Wanneer we ons eerst beperken tot licht van één bepaalde spectrale samenstelling (één bepaalde kleur), dan kan het oog beoordeelen of twee vakjes, die dit licht uitstralen, dezelfde helderheid hebben; is dit niet het geval, dan kunnen we zeggen welk van de twee het helderste is. Meer kan ons de directe aanschouwing niet leeren; in het bijzonder kan het oog op deze wijze niet een verhouding van de twee ongelijke helderheden vastleggen; we kunnen niet zeggen: „dit vlakje is 6 maal zoo helder als dat", maar wèl: „dit is helderder dan dat". Verder leert ons de ervaring, dat het vlakje des te helderder is, naarmate het meer energie van de genoemde lichtsoort uitzendt.

Uit dit alles blijkt dat we, zonder in strijd te komen met de ervaringen van ons intuïtieve helderheidsbegrip, als getallenwaarde voor de helderheid een grootheid H mogen definiëeren, die evenredig is met de energie E, welke het vlakje per sec per eenheid van oppervlak en per eenheid van ruimtehoek uitstraalt:

$$H = k \,.\, E \quad . \; . \; . \; . \quad (1)$$

De konstante k is hierin nog geheel willekeurig [1]).

Veel gecompliceerder wordt de zaak, wanneer we nu helderheden willen vergelijken van twee vlakjes, die licht van verschillende spectrale samenstelling (verschillende kleur) uitzenden.

Bij fotometrische waarnemingen blijkt, dat het oog van twee vlakjes, die zeer veel in helderheid verschillen, zonder moeite kan vaststellen, welke het helderste is; heeft men de fotometer zóó ingesteld, dat de helderheden weinig verschillen, dan wordt de vergelijking zeer bemoeilijkt door het kleurverschil. Na eenige oefening slaagt men er echter toch in, met een bevredigende graad van nauwkeurigheid twee vlakjes van ongelijke kleuren op gelijke helderheid in te stellen. Wat zijn nu de resultaten, die men bij dergelijke „heterochrome" instellingen op gelijke helderheid vindt?

Laten we ons eerst beperken tot de spectraalkleuren. Bepalen we voor diverse golflengten λ de energieën $E(\lambda)$, die noodig zijn ter verkrijging van eenzelfde helderheidsindruk, dan blijkt het oog in het geelgroen (5550 Å) de minste energie noodig te hebben, aan de uiteinden van het spectrum veel meer. Anders uitgedrukt: het oog is het gevoeligst voor geelgroen licht, het minst gevoelig voor rood, blauw en violet, en geheel ongevoelig voor golflengten buiten het gebied 3100—7600 Å. Als goede

[1]) In principe hadden we evengoed andere helderheidsdefinities kunnen kiezen, zooals b.v. $H = k \log E$. Dergelijke definities treft men vaak in de physiologische en oogheelkundige literatuur aan. De voordeelen, die de door ons gegeven (in de techniek steeds gebruikte) definitie heeft, zijn van zuiver practische aard: de rekenmethoden worden dan zoo eenvoudig mogelijk.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

maat voor de ooggevoeligheid zou men nu kunnen nemen: $1/E(\lambda)$, dus de omgekeerde waarde van de energie, die noodig is ter verkrijging van eenzelfde helderheidsindruk. Men is echter gewoon deze grootheden nog met een dusdanige constante te vermenigvuldigen, dat de maximale waarde van de ooggevoeligheid gelijk aan 1 wordt. *Fig. 1* geeft de aldus bepaalde ooggevoeligheid $V(\lambda)$ als functie van λ. (Vgl. Philips techn. T. 1, 106, 1936, kromme *A* in fig. 6).

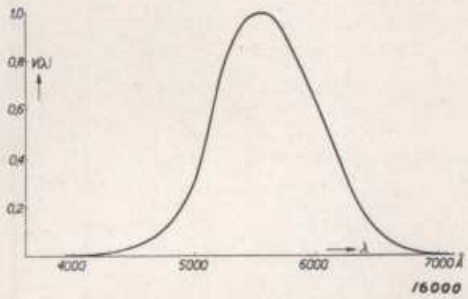

Fig. 1. De standaard-ooggevoeligheidskromme; $V(\lambda)$ is — behoudens een constante factor — de omgekeerde waarde van de energie, die in verschillende golflengten noodig is ter bereiking van eenzelfde helderheid.

De kromme is nu vastgelegd voor een bepaalde helderheidsindruk. Gaan we de metingen herhalen voor andere helderheden, dan vinden we het merkwaardige resultaat, dat voor een groot gebied van helderheden (dat o.a. het geheele gebied van de dagverlichting omvat) steeds dezelfde kromme wordt gevonden, met andere woorden dat de gevoeligheidsverhouding van het oog voor de verschillende golflengten in een groot helderheidsgebied constant is. De voor dit gebied geldende ooggevoeligheidskromme — die we met de naam standaardooggevoeligheidskromme zullen aanduiden — is door Gibson, Tyndall en anderen met groote nauwkeurigheid bepaald, en als internationale standaard vastgelegd.

Aan deze standaardkromme $V(\lambda)$ wordt nu de definitie van „helderheid" voor verschillende kleuren vastgeknoopt, en wel als volgt:
Voor een spectraalkleur van de golflengte λ_0 is de helderheid:

$$H = C\ V(\lambda_0)\ E(\lambda_0) \quad . \quad . \quad . \quad (2a)$$

Voor samengestelde kleuren, die uit enkele spectraalkleuren bestaan (lijnenspectra, bijv. van gasontladingslampen):

$$H = C \sum_k V(\lambda_k)\ E(\lambda_k) \quad . \quad . \quad (2b)$$

en voor continue spectra (zonlicht, gloeilampen):

$$H = C \int V(\lambda)\ E(\lambda)\ d\lambda \quad . \quad . \quad . \quad (2c)$$

Hierin stelt $E(\lambda_k)$ de energie van golflengte λ_k voor, die per sec. per eenheid van oppervlak en per eenheid van ruimtehoek in de richting van het oog wordt uitgestraald, $E(\lambda)\ d\lambda$ de energie, die in het golflengtegebied tusschen λ en $\lambda + d\lambda$ wordt uitgestraald, en C een universeele constante, waarvan de waarde alleen afhankelijk is van de keuze van de helderheidseenheid en de energie-eenheid.

De meest gebruikelijke helderheidseenheden zijn: kaarsen/m², kaarsen/cm² (stilb), apostilb en millilambert, waartusschen het volgende verband bestaat:

	kaars/m²	kaars/cm²	apostilb	millilambert
1 kaars/m² =	1	10^{-4}	π	$\frac{\pi}{10}$
1 kaars/cm² =	10^4	1	$\pi.10^4$	$\pi.10^3$
1 apostilb =	$\frac{1}{\pi}$	$\frac{1}{\pi}.10^{-4}$	1	$\frac{1}{10}$
1 millilambert =	$\frac{10}{\pi}$	$\frac{10^{-3}}{\pi}$	10	1

Drukt men H in kaarsen/cm² uit, en E in watts per cm² per eenheid van ruimtehoek, dan krijgt C de waarde 621. Dit getal noemt men het mechanisch lichtequivalent en het geeft aan: de helderheid van een vlakje, dat in de richting van het oog per cm² en per eenheid van ruimtehoek 1 watt monochromatisch licht uitstraalt van de golflengte van maximale ooggevoeligheid.

Experimenteel is nu gebleken, dat in het helderheidsgebied, waarvoor de standaardooggevoeligheidskromme geldt, de helderheidsdefinities (2) nergens in strijd komen met ons intuïtieve helderheidsbegrip, met andere woorden twee vlakjes, waaraan we op grond van (2) dezelfde helderheidswaarde toekennen, maken op ons oog ook de indruk van „even helder" te zijn [2]). Op welke wijze wordt nu het meergenoemde „helderheidsgebied" begrensd? En welke afwijkingen bestaan er buiten dit gebied?

Naar boven wordt het gebied begrensd door het gebied der absolute verblinding, waar de hooge helderheden dusdanig hinderlijk op het oog gaan werken, dat er van het vergelijken van helderheden geen sprake meer kan zijn.

Van meer belang is voor ons de begrenzing van het gebied naar beneden toe, aangezien deze begrenzing in de buurt ligt van de helderheden, waar we bij de wegverlichting mee te maken hebben. Het blijkt, dat bij helderheden onder ca.

[2]) In deze algemeene uitspraak liggen verschillende eigenschappen van het oog omtrent het vergelijken en addeeren van helderheid opgesloten; we zullen hier echter niet verder op ingaan.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

3 kaars/m² andere ooggevoeligheidskrommen gemeten worden dan die van fig. 1; de ooggevoeligheidskromme begint zich nl. bij dalende helderheden geleidelijk naar de richting van het blauw te verschuiven. De verschuiving geschiedt bij lagere helderheden aanvankelijk steeds sneller; het belangrijkste deel van de verschuiving grijpt plaats in het helderheidsgebied tusschen 0,3 en 10^{-3} k/m². Bij nog lagere helderheden treedt verder slechts een geringe verschuiving op; tenslotte neemt de kromme bij ca. 3.10^{-5} kaars/cm² weer een constante gedaante aan (*fig. 2*) [3]). Het maximum is daarbij van 5550 Å naar 5050 Å verschoven. Wanneer we ons nu

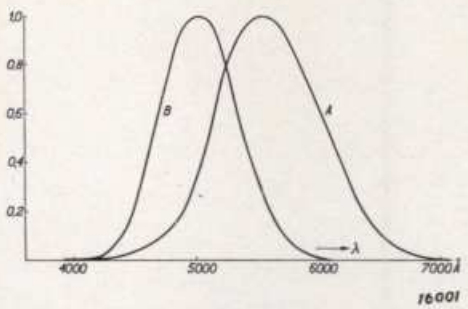

Fig. 2. De verschillende ooggevoeligheidskrommen:
A. Voor hooge helderheden (standaardkromme).
B. Voor uiterst lage helderheden.
Bij tusschenliggende helderheden (wegverlichting) geldt een tusschengelegen kromme.

herinneren, hoe een ooggevoeligheidskromme experimenteel bepaald wordt, dan zien we dat dit verschuiven van de ooggevoeligheidskromme beteekent, dat de verhouding van de energieën, die we van bepaalde kleuren moeten leveren om de visueele indruk „even helder" te krijgen, afhankelijk wordt van het helderheidsniveau (zoo zal b.v. van de golflengten 5300 en 5800 Å voor een bepaalde hooge helderheid evenveel energie vereischt worden; bij een bepaalde uiterst lage helderheid is van de tweede golflengte 12 maal zooveel energie noodig als van de eerste).

Dit uiterst belangrijke feit, dat men met de naam Purkinje-effect aanduidt, kan nog op verschillende andere wijzen geformuleerd worden, bijv.:

Twee vlakjes, die licht van verschillende kleur uitstralen en de indruk „even helder" maken, geven diezelfde indruk niet meer, wanneer beider energie met eenzelfde factor wordt verlaagd, of:

Wanneer de vlakjes volgens definitie (2) dezelfde getallenwaarde voor de helderheid krijgen, behoeven ze niet de indruk „even helder" te maken, en dus:

Het helderheidsbegrip volgens definitie (2) stemt buiten het geldigheidsgebied der standaardooggevoeligheidskromme niet meer overeen met het helderheidsbegrip uit het dagelijksch leven.

Uit dit alles blijkt wel, dat we de moeilijkheden alleen te boven kunnen komen door invoering van twee verschillende begrippen, die we ter onderscheiding helderheid en subjectieve helderheid zullen noemen.

Onder de helderheid H verstaan we — voor elk helderheidsgebied — het getal, dat door definitie (2) wordt gegeven. Deze definitie is reeds door internationale afspraken vastgelegd. Aan de subjectieve helderheid h stellen we in de eerste plaats de eisch, dat aan twee vlakjes die de indruk „even helder" maken, ook dezelfde waarde voor h wordt toegekend. Hieruit volgt, dat de bepaling van een ooggevoeligheidskromme volgens de bovenbeschreven methode steeds neerkomt op de meting van de energieën, die bij verschillende golflengten uitgestraald moeten worden om dezelfde subjectieve helderheid te veroorzaken.

Deze „gelijkheids-definitie" (antwoord gevende op de vraag: wanneer hebben twee vlakjes dezelfde subjectieve helderheid?) is voor de behandeling van vele problemen reeds voldoende. In andere gevallen zal het echter groot voordeel opleveren, wanneer we aan de subjectieve helderheid ook een bepaalde getallenwaarde kunnen toekennen, met andere woorden ook een „maat-definitie" bezitten (antwoord gevende op de vraag: hoe groot is de subjectieve helderheid van dit vlakje?). Evenals bij de invoering van getallenwaarden voor de helderheid (zie noot [1])) beschikken we bij de keuze van deze maatdefinitie over een zekere vrijheid. We kiezen de volgende definitie:

De subjectieve helderheid van een vlakje, dat licht van een willekeurige kleur uitstraalt, krijgt dezelfde getallenwaarde als de helderheid van een vlakje, dat monochromatisch licht van 5350 Å uitzendt [4]) en dat er „even helder" uitziet als het te onderzoeken vlakje (volgens König, Bouma). We kunnen deze heele vastlegging van het begrip subjectieve helderheid ook nog op eenigszins andere wijze formuleeren, nl. als volgt:

Voor monochromatisch licht van 5350 Å hebben subjectieve helderheid en helderheid per definitie dezelfde getallenwaarde; de waarden voor anders gekleurd licht worden vastgelegd door het voorschrift: twee vlakjes hebben dezelfde subjectieve helderheid, als ze op het oog de indruk „even helder" maken.

Uit deze vorm zien we direct, dat in het gebied boven 3 kaars/m² twee vlakjes, die dezelfde helder-

[3]) Deze krommen zijn ook al gegeven in Philips techn. T. 1, 102, 1936.

[4]) Deze golflengte van 5350 Å is gebruikt om gemakkelijk aan te sluiten bij de metingen van König.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

heid bezitten, ook dezelfde subjectieve helderheid hebben, en dat boven 3 kaars/m² de begrippen helderheid en subjectieve helderheid elkaar volkomen dekken. Hoe enorm sterk de beide grootheden bij lagere helderheden kunnen verschillen, blijkt uit *fig. 3*. In een diagram, waarin als abcissen de golflengten λ en als ordinaten de helderheden H zijn uitgezet, zijn hier de lijnen van gelijke subjectieve helderheid h geteekend. Men leest daar bijv. uit af, dat, ter verkrijging van dezelfde subjectieve helderheid $h = 3.10^{-4}$ kaars/m² bij rood licht (6500 Å) een ca. 140 maal zoo groote helderheid noodig is als bij blauw licht (4500 Å).

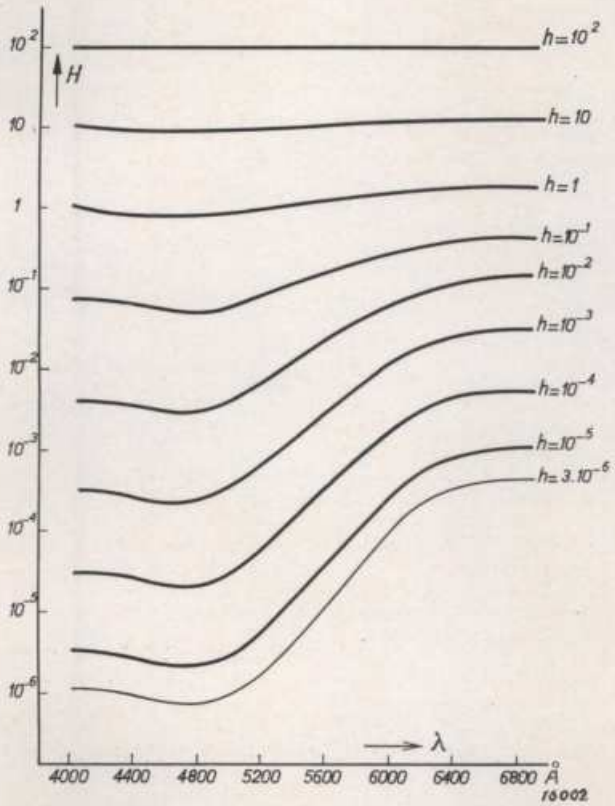

Fig. 3. Het verband tusschen helderheid (H) en subjectieve helderheid (h) voor monochromatisch licht: in een H-λ diagram zijn de lijnen van constante h ingeteekend; het gekromd zijn dezer lijnen duidt op de aanwezigheid van Purkinje-effect. H en h zijn beide opgegeven in kaars/m². De lijn $h = 3.10^{-6}$ kaars/m² geeft de absolute drempelwaarde aan.

De meest waarschijnlijke physiologische oorzaak van het Purkinje-effect is gelegen in het optreden van de twee soorten van lichtgevoelige elementen in het oog, de kegeltjes en de staafjes (zie ook het artikel in Philips techn. T. **1**, 102, 1936). Boven 3 kaars/m² wordt het zien vrijwel uitsluitend door de kegeltjes bepaald, deze leveren ons de standaardooggevoeligheidskromme (A in fig. 2); bij zeer lage helderheden, waarvoor de ooggevoeligheidskromme niet meer verschuift, functionneeren alleen de staafjes nog, en deze leveren ons de ooggevoeligheidskromme B van fig. 2. Bij daartusschen gelegen helderheden hebben we te maken met een samenwerking van staafjes-zien en kegeltjes-zien; de ooggevoeligheidskromme ligt dientengevolge tusschen de krommen A en B van fig. 2 in. Daar de staafjes en kegeltjes ongelijkmatig over het netvlies verdeeld zijn, is het begrijpelijk, dat we bij de nauwkeurige definitie van subjectieve helderheid feitelijk ook nog op moeten geven de grootte en vorm van het gezichtsveld. We kiezen hiervoor: twee aan elkaar grenzende halve cirkels met een hoekdiameter van tenminste 6° (een kleinere diameter zou de staafjes gedeeltelijk uitschakelen; verdere vergrooting van de diameter verandert de meetresultaten niet meer).

We willen dit artikel niet besluiten zonder te wijzen op het practische belang van de begrippen helderheid en subjectieve helderheid voor eenige takken van wetenschap en techniek.

1. De fotometrie. Men stelt zich hierbij gewoonlijk ten doel om helderheden te meten en daaruit andere lichttechnische grootheden (lichtsterkte, lichtstroom, enz.) te berekenen. De meetmethoden [5]) vallen uiteen in twee groepen:
   a) De methode, waarbij het oog als meetinstrument wordt gebruikt (bijv. de flikkerfotometer). Deze methoden leveren ons alleen dàn werkelijke helderheden, wanneer we in het gebied boven 3 kaars/m² blijven. Bij lage helderheden geven ze ons grootheden, die in het algemeen noch met de helderheid, noch met de subjectieve helderheid overeenstemmen.
   b) De methoden, waarbij het oog niet als meetinstrument wordt gebruikt (bijv. het gebruik van een fotocel, die aan de standaardooggevoeligheidskromme is aangepast). Deze methoden geven ook beneden 3 kaars/m² de juiste helderheidswaarden.
2. De physiologie, de beschrijving van de eigenschappen van het oog. Velerlei physiologische eigenschappen (contrastgevoeligheid, pupildiameter, adaptatietoestand enz.) worden in hoofdzaak bepaald door de subjectieve helderheid en niet door de helderheid. Teekenen we bijv. de contrastgevoeligheid als functie van de helderheid, dan vinden we voor verschillende kleuren zeer sterk verschillende krommen; kiezen we daarentegen als abscis de subjectieve helderheid, dan vallen alle krommen vrij nauwkeurig samen. We zien dus dat hier de invoering

[5]) Vergelijk hiervoor Philips techn. T. **1**, 120, 1936.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

van de subjectieve helderheid kan leiden tot een meer overzichtelijke weergave van meetresultaten, en tot het vinden van eenvoudige wetmatigheden in het gedrag van het oog.

3. Straatverlichting. Hiervoor zijn de ontwikkelde begrippen in verschillende opzichten van belang. De hier optredende helderheden zijn van een orde van grootte van 0,06 tot 1,5 kaars/m², d.w.z. we bevinden ons in een gebied, waar de Purkinje-verschuiving juist van belang is geworden. Als voorbeeld, hoe dit van invloed kan zijn op de kwaliteit van de wegverlichting, kunnen we de vergelijking tusschen natriumlicht en wit licht (gloeilampenlicht) beschouwen. Wanneer twee wegen beide met een zelfde, voldoend hooge helderheid verlicht zijn, de één met natriumlicht, de ander met wit licht, dan blijkt men op de met natriumlampen verlichte weg beter te zien. Een eerste gevolg van het Purkinje-effect is het volgende: laat men het verlichtingsniveau van beide wegen eenzelfde belangrijke factor dalen, dan blijkt de met natriumlicht verlichte weg veel sneller slecht te worden dan de met wit licht verlichte. De verklaring is deze, dat de helderheden van beide wegen weliswaar dezelfde blijven, de subjectieve helderheid bij de „natriumweg" echter sneller daalt dan bij de „witte weg". We trekken de conclusie, dat de natriumweg slechts dàn superieur is, wanneer de helderheid boven een zeker minimum (ca. 0,3 kaars/m²) blijft.

Hetzelfde verschijnsel van „sneller donkerder worden" van de natriumweg doet de donkere objecten op de natriumweg sterker tegen de lichtere achtergrond afsteken, dan dit bij de „witte weg" het geval is, met andere woorden ook het opvallende verschijnsel van grootere contrastrijkheid bij natriumlicht vindt zijn verklaring in het Purkinje-effect en het daarmee samenhangende onderscheid tusschen helderheid en subjectieve helderheid. Op dit verschijnsel zullen we in een volgend artikel nog uitvoeriger terugkomen.

LITTERATUUR:

König, Ann. d. Phys. **45**, 604, 1892 (Ooggevoeligheidskrommen bij verschillende helderheidsniveaus).

Nutting, Bur. Stand. Bull. **7**, 235, 1911 (bevat o.a. de uitgewerkte metingen van König).

Teichmüller, E.T.Z. **38**, 296 en 308, 1917 (hierin wordt voor het eerst uitdrukkelijk gewezen op de noodzakelijkheid van twee helderheidsbegrippen bij de straatverlichting).

Bertling, Licht und Lampe **23**, 82, 130, 207 en 227, 1934; **24**, 77, 1935.

Bertling, Das Licht **4**, 98, 1934.

Reeb u. Richter, Das Licht **4**, 59 en 100, 1934.

Reeb, Licht und Lampe **24**, 50, 1935.

Dziobek, Das Licht **5**, 9, 1935.

Bouma, Licht und Lampe **24**, 217, 1935.

(Deze artikelenreeks vormt een uitvoerige discussie over de begrippen helderheid en subjectieve helderheid).

Gibson en Tyndall, Bur. Stand. Bull. **19**, 131, 1923. (de vastlegging van de standaard-ooggevoeligheidskromme; de getallen van Gibson en Tyndall vindt men in de tallooze physische, photometrische en lichttechnische werken weergegeven).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

EEN OSCILLOGRAAFAPPARAAT

Samenvatting. In dit artikel wordt een beschrijving gegeven van een door Philips vervaardigde kathodestraaloscillograaf, waarmee men het verloop kan waarnemen van spanningen vanaf 5 mV met frequenties tusschen 10 en 500 000 perioden per sec.

Inleiding

Voor het zichtbaar maken van het verloop van een of andere spanning kan een electrische oscillograaf goede diensten bewijzen. Zooals in eenige voorafgaande nummers van dit tijdschrift [1]) van verschillende zijden werd belicht, heeft de kathodestraaloscillograaf zich tot een in de techniek te gebruiken apparaat ontwikkeld. In dit artikel willen wij nu een door Philips uitgevoerde oscillograaf (type GM 3150) beschrijven.

Dit oscillograafapparaat bevat een versterker, waarmee men de af te beelden spanning tot op de voor de afbuigplaten V van de kathodestraalbuis (*fig. 1*) gewenschte sterkte kan brengen. In het toestel is een tijdasapparaat aangebracht, dat

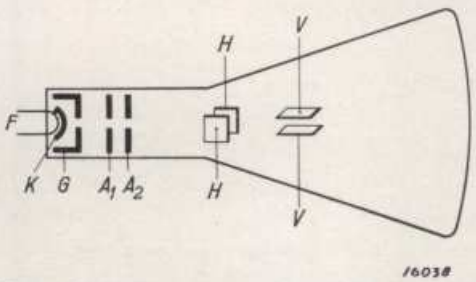

Fig. 1. Schema van de kathodestraalbuis. K = kathode; F = toevoerdraden; G = regelelectrode; A_1 en A_2 = eerste en tweede anode; H en V = platenparen, die resp. een horizontale en een verticale afbuiging aan de electronenbundel geven kunnen.

de zaagtandspanning [2]) levert voor de platen H, waardoor de kathodestraal in horizontale richting periodiek wordt afgebogen. In plaats van de zaagtandspanning kan men ook een andere, van buitenaf toegevoerde, spanning op de platen H zetten. De zaagtandspanning kan men synchroniseeren met het door de versterker geleverde signaal, of met een willekeurig van buitenaf toegevoerd signaal, dan wel met het wisselstroomnet. Verder zijn er nog twee plaatspanningsapparaten ingebouwd, die de voor kathodestraalbuis, versterker en tijdasapparaat benoodigde gelijkspanningen leveren. Met dit oscillograafapparaat kan men van spanningen vanaf 5 mV bij frequenties van 10 tot 500 000 perioden per sec de tijdsdiagrammen practisch onvervormd waarnemen.

Voeding van de kathodestraalbuis

In fig. 1 is het schema geteekend van de in het oscillograafapparaat gebruikte kathodestraalbuis (type No. 3957). De verschillende gelijkspanningen, die op regelelectrode en anoden moeten staan, worden geleverd door de gelijkrichterbuis L_2 (*fig. 2*) met vereffeningscondensator C en kunnen in de gewenschte grootte van een weerstand (R_1, R_4) worden afgenomen. De schakeling (fig. 2) is zoodanig uitgevoerd, dat de tweede anode A_2 aan aarde ligt en de indirect verhitte kathode K een negatieve spanning van ongeveer 1200 volt ten opzichte daarvan bezit. De spanning van de regelelectrode G, die nog wat lager is dan die van de kathode K, en de spanning op de eerste anode A_1 kunnen gevarieerd worden. Door de aftakking van R_4 te veranderen, wijzigen wij de intensiteit van de electronenbundel, die de regelelectrode G

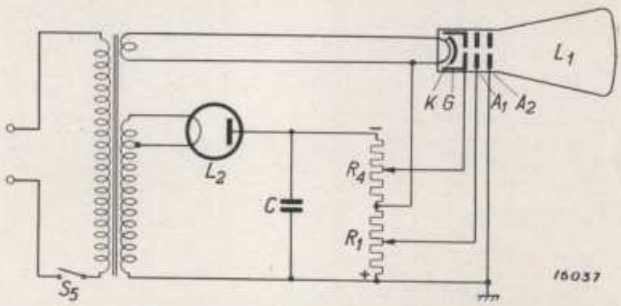

Fig. 2. Vereenvoudigd schema van de voeding van de kathodestraalbuis. Met R_4 en R_1 kunnen resp. helderheid en scherpte van de vlek gevariëerd worden.

doorlaat; met R_1 kan men de scherpte van de fluorescentievlek instellen. Behalve de gewone afbuigspanningen geeft men aan de platenparen H en V ook nog instelbare vóórspanningen, waarmee men het beeldpunt midden op het fluorescentiescherm kan brengen. Op de frontplaat van het oscillograafkastje (*fig. 3 a* en *b*) zijn o. a. de knoppen R_1 en R_4 aangebracht, waarmee men resp. de scherpte en de helderheid van de vlek kan variëeren. Door de knop van R_4 wordt tevens de schakelaar S_5 bediend, waarmee de primaire wikkeling van de voedingstransformator wordt in- of uitgeschakeld en het toestel dus in of buiten werking wordt gezet.

Tijdasapparaat

Op de platen V (fig. 1), die de electronenbundel een afwijking in verticale richting geven, komt de electrische spanning te staan, waarvan wij het tijdsdiagram op het fluorescentiescherm afgebeeld willen zien. Om dit te bereiken, moeten wij dan tevens op de platen H, die een horizontale afwijking

[1]) Philips techn. T. **1**, 33 en 91, 1936.
[2]) vgl. Philips techn. T. **1**, 16, 1936.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

aan de kathodestraal kunnen geven, een spanning zetten, die lineair met de tijd verandert en telkens na een geheel aantal perioden van de af te beelden grootheid snel tot haar oorspronkelijke waarde terug-

Fig. 3a. Buitenaanzicht van het oscillograafapparaat.

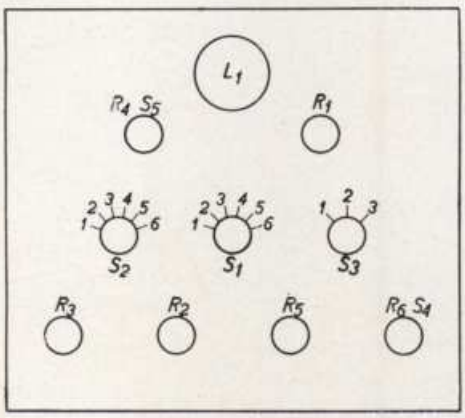

Fig. 3b. Vóóraanzicht van het oscillograafapparaat.
R_1 regelt scherpte van de fluorescentievlek.
R_2 regelt breedte van het tijdsdiagram.
R_3 regelt sterkte van synchronisatiesignaal.
R_4 regelt helderheid van de fluorescentievlek.
R_5 regelt frequentie van de zaagtandspanning.
R_6 regelt versterking van de af te beelden spanning.
S_1 regelt ruw de frequentie der zaagtandspanning.
S_2 regelt, welke spanning op de afbuigplaten H komt te staan.
S_3 regelt, welke wijze van versterking gebruikt wordt.
S_4 schakelt de versterking om.
S_5 schakelt de voedingstransformator aan.

keert om daarna telkens weer op dezelfde wijze lineair met de tijd toe te nemen. Deze z.g. zaagtandspanning voor de platen H wordt geleverd door het tijdasapparaat.

In *fig. 4* is het schema van dit tijdasapparaat in principe weergegeven. Een plaatspanningsapparaat levert een gelijkspanning van ongeveer 400 Volt tusschen de klemmen A en B van het tijdasapparaat. Tusschen de klemmen C en D willen wij een zoo recht mogelijke zaagtandspanning kunnen afnemen. Hiertoe is het noodig, dat de spanning op de condensator V_F lineair met de tijd toeneemt. Het is niet mogelijk aan deze voorwaarde te voldoen door de condensator V_F over een weerstand te laden, daar tengevolge van het stijgen van de spanning aan de condensator de laadstroom dan zou dalen tijdens het laden. Een penthode heeft echter de eigenschap, dat de anodestroomsterkte in een groot gebied practisch onafhankelijk is van de anodespanning. Hiervan wordt in dit tijdasapparaat gebruik gemaakt. Bij het begin van een periode is de condensator V_F ongeladen, terwijl op V_G de anodespanning staat. Op de penthode L_7 staat dan géén spanning en derhalve voert zij geen stroom, maar de penthoden L_8 en L_9 wel. Over L_8 wordt de condensator V_F met een constante stroomsterkte geladen. Het spanningsverschil V_F tusschen de klemmen B en D neemt dus lineair met de tijd toe (*fig. 5*) en dit is de spanning, die op de lamp L_7 staat. Is deze spanning dus voldoende gestegen, dan zal ook in L_7 anodestroom gaan vloeien, maar tevens gaat het schermrooster S dezer lamp een stroom voeren, die over r_1 kan wegvloeien. Dientengevolge ontstaat over r_1 een spanningsverval, dat de spanning doet dalen op beide platen van de op anodespanning geladen condensator V_G. De spanning op de negatieve plaat van V_G komt daardoor lager te liggen dan de spanning van de gemeenschappelijke negatieve geleider AC. Over r_3 gaat dus een stroom loopen, die de condensator V_G ontlaadt, terwijl het stuurrooster van de penthode L_9 op negatieve spanning (V_9 in fig. 5) komt te staan. Het apparaat is nu zoodanig gedimensioneerd, dat deze spanningsdaling op het stuurrooster van L_9 groot genoeg wordt om de stroomdoorgang in L_9 vrijwel te doen eindigen (I_9 in fig. 5). De anode van L_9 en daarmee het stuurrooster van de penthode L_7 komt derhalve op vrijwel dezelfde spanning te staan als de anode van L_7. Deze penthode is dan dus goed geleidend geworden en de condensator V_F zal zich zeer snel hierover ontladen (I_7 in fig. 5). Zoodra de condensator V_F dus begint zich over L_7 te ontladen, wordt er door de schakeling met de penthode L_9 voor gezorgd, dat deze ontlading zeer snel gebeurt, waarna het spel weer van voren af aan kan beginnen.

De spanning van de anode van L_8 wordt over klem D aan één der afbuigplaten H van de kathodestraalbuis toegevoerd. Zij vertoont de hiervoor verlangde zaagtandvorm, daar zij het verschil is tusschen de gelijkspanning op de klemmen A B en de spanning V_F in fig. 5. De andere plaat H wordt op een bepaalde instelbare spanning ten opzichte

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

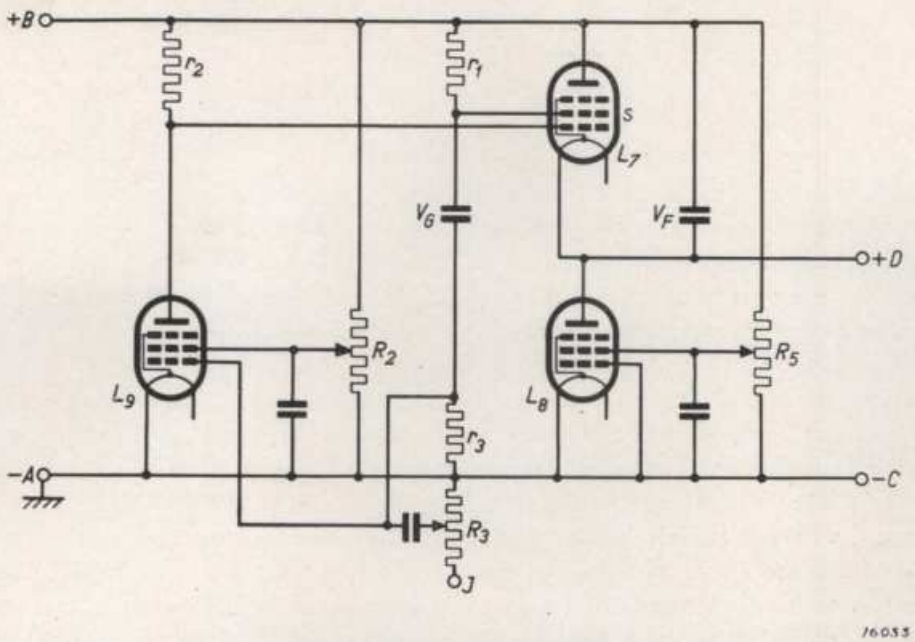

Fig. 4. Principeschema van het tijdasapparaat.
Over de klemmen AB wordt een constante gelijkspanning van ongeveer 400 V toegevoerd, en over de klem J een synchronisatiesignaal. Van de klemmen CD wordt de zaagtandspanning afgenomen voor de afbuigplaten H. L_7 is een penthode AL4 en voor L_8 en L_9 zijn penthodes AF7 gebruikt.

van klem C gebracht en wel zóódanig, dat de fluorescentievlek over het gewenschte deel van het scherm heen en weer strijkt. Door de schermroosterspanning voor L_9 op verschillende punten van R_2 af te nemen, zal de anodestroom I_9 van L_9 verschillende waarden krijgen, waardoor het stuurrooster van L_7 op verschillende spanning komt te staan. Hierdoor verandert dus de spanning, waarbij de condensator V_F zich over L_7 zal gaan ontladen. Met R_2 regelt men op deze wijze de grootte van de spanningsvariaties op D en daarmee de grootte van de horizontale afwijkingen van de electronenbundel in de kathodestraalbuis. De knop R_2 in fig. 3 dient dus voor het instellen van de breedte van het tijdsdiagram op het fluorescentiescherm.

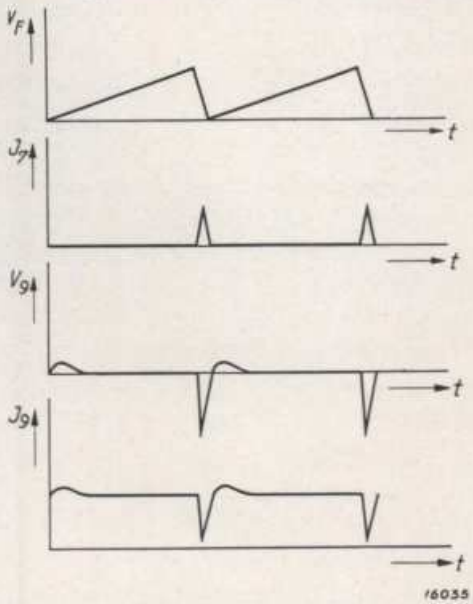

Fig. 5. Tijdsdiagrammen van de spanning op de condensator V_F, de anodestroom I_7 van de penthode L_7, de spanning V_9 op het stuurrooster van L_9 en de anodestroom I_9 van de penthode L_9.

De tijd, waarin de condensator V_F éénmaal geladen wordt, hangt af van zijn capaciteit. De frequentie van de tijdbasis is in dit apparaat dan ook te variëeren door voor V_F condensatoren van verschillende capaciteit in te schakelen. Dit geschiedt met de schakelaar S_1, die zes verschillende standen heeft, zooals in fig. 3b is aangegeven. Hiermee bereikt men natuurlijk slechts een ruwe regeling van de frequentie der zaagtandspanning. Het nauwkeurig instellen gebeurt daarna door op verschillende punten van de weerstand R_5 de spanning af te nemen voor het schermrooster van L_8, waarmee dus de laadstroom van de condensator V_F wordt bijgeregeld.

Teneinde te bereiken, dat bij verschillende frequenties van de zaagtandspanning de verhouding tusschen laadtijd en ontlaadtijd ongeveer dezelfde is, wordt met S_1 niet alleen de capaciteit van V_F omgeschakeld, maar tegelijk ook die van V_G. Hierdoor verkrijgt men, dat de labiliteit in deze schakeling, waardoor de condensator V_F zich zoo bijzonder snel kan ontladen (I_7 in fig. 5), ook bewaard blijft bij verandering van de capaciteit van V_F. In deze schakeling is het dus de taak van de penthode L_9 om ervoor te zorgen, dat de weerstand van de penthode L_7, die parallel op de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info

condensator V_F staat, zéér klein wordt, zoodat de condensator V_F zich derhalve zéér snel zal ontladen over de penthode L_7, die nu praktisch een kortsluiting voor V_F beteekent. In deze schakeling is het wel of niet optreden van die plotselinge ontladingsstroom I_7 zéér gevoelig [3]) voor kleine veranderingen, die bijv. in de spanning op sommige punten van de kring zouden worden aangebracht. Wij kunnen derhalve het moment waarop I_7 zal gaan vloeien, beinvloeden door over de klem J (fig. 4) op het stuurrooster van L_9 een spanning te brengen, die maakt, dat V_9 iets eerder of later [3]) voldoende negatief is geworden om de anodestroom I_9 vrijwel tot nul te doen afnemen (fig. 5). De spanning op J, die men van de versterker of het net kan afnemen, of speciaal daartoe van buitenaf kan toevoeren, legt zóó het juiste moment vast, waarop de condensator V_F zich zeer snel zal ontladen en dient daarmee als z.g. synchronisatiesignaal, d.w.z. zij zorgt ervoor, dat de zaagtandspanning synchroon blijft loopen met resp. de af te beelden grootheid, het wisselstroomnet of met een van buitenaf opgedrukte periode. De benoodigde sterkte van het synchronisatiesignaal wordt met R_3 geregeld.

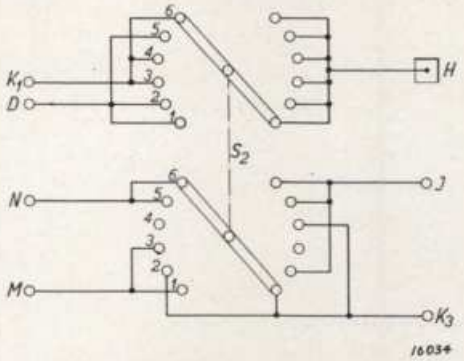

Fig. 6. Schema van de met de schakelaar S_2 tot stand te brengen zes verschillende combinaties tusschen de afbuigingsmogelijkheden voor de kathodestraal en de synchronisatiemogelijkheden. J is de klem, waarover het synchronisatiesignaal aan het tijdasapparaat moet worden toegevoerd en H is de plaat, die een horizontale afwijking aan de electronenbundel geeft. Op de klemmen D, N en M staan resp. de zaagtandspanning, een spanning in phase met het wisselstroomnet en een synchronisatiesignaal uit de versterker. Over de klemmen K_1 en K_3 kunnen resp. een afbuigspanning en een synchronisatiesignaal van buitenaf worden toegevoerd, of naar buiten worden weggevoerd.

In *fig. 6* is aangegeven, op welke wijze men met de schakelaar S_2 verschillende spanningen op de afbuigplaat H kan brengen en verschillende synchronisatiesignalen aan de klem J (vgl. fig. 4) kan toevoeren.

Stand 1: zaagtandspanning (D) op afbuigplaat (H); synchronisatiesignaal (J) uit de versterker (M). Dit is de normale schakeling.

Stand 2: zaagtandspanning (D) op afbuigplaat (H); synchronisatiesignaal (J) van buitenaf toegevoerd over klem K_3. Deze stand gebruikt men om met één bepaalde frequentie te synchroniseeren, als het af te beelden signaal bijv. een combinatie van meerdere trillingen is.

Stand 3: afbuigspanning (H) van buitenaf toegevoerd over klem K_1; synchronisatiesignaal vanuit versterker (M) naar buiten over klem K_3. Op deze wijze kan men in plaats van het ingebouwde tijdasapparaat een ander inschakelen.

Stand 4: afbuigspanning (H) van buitenaf toegevoerd over klem K_1; synchronisatiesignaal (J) uitgeschakeld om te voorkomen, dat hierdoor vervorming zou ontstaan.

Stand 5: zaagtandspanning (D) op afbuigplaat (H); synchronisatiesignaal (J) uit wisselstroomnet (N), waardoor dus met 50 per/sec wordt gesynchroniseerd.

Stand 6: afbuigspanning (H) van buitenaf toegevoerd over klem K_1; synchronisatiesignaal vanuit wisselstroomnet (N) naar buiten gevoerd over klem K_3. Deze stand verschilt slechts hierin van stand 5, dat het ingebouwde tijdasapparaat door een ander is vervangen.

Versterker

In *fig. 7* is een vereenvoudigd schema weergegeven van de verschillende wijzen, waarop men het door de oscillograaf af te beelden signaal kan toevoeren aan de platen V van de kathodestraalbuis, die aan de electronenbundel een verticale afwijking moeten geven. Hetzelfde plaatspanningsapparaat, dat het tijdasapparaat voedt, levert ook voor de versterker een gelijkspanning van ongeveer 400 V tusschen de klemmen A en B, waarvan A geaard is. Het af te beelden signaal schakelt men tusschen de klemmen K_5 en K_7, waarvan de laatste geaard is. Zetten wij de schakelaar S_3 in de stand *1*, dan kunnen wij van de weerstand R_6 een aan de versterker toe te voeren signaal afnemen. Gaat er door R_6 een stroom loopen, die de af te beelden signaalspanning sterk vervormt, dan moet men het signaal tusschen K_6 en K_7 aansluiten, waardoor het direct over de condensator C_1 op het stuurrooster van de penthode L_2 komt te staan. De regelknop van R_6 (vgl. fig. 3) draait men dan naar links, waardoor S_4 wordt uitgeschakeld, zoodat R_6 geen stroom meer voert. In het normale geval komt de van R_6 afgenomen spanning over C_1 op het stuurrooster van L_2 te staan. Het schermrooster staat op een bepaalde spanning ten opzichte van de kathode, terwijl het vangrooster direct verbonden is met de kathode.

De door de anodestroom van L_2 aan de weerstand r_4 opgewekte wisselspanning is nu een versterking

[3]) Vgl. D. M. Duinker: Philips techn. T. 1, 14, 1936.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

van het signaal en wordt bij stand *1* van S_3 over de condensator C_2 aan het stuurrooster van de penthode L_9 toegevoerd. Is het oorspronkelijke signaal daartoe sterk genoeg, dan kan men het bij stand *2* van S_3 ook direct op C_2 zetten, terwijl dan de eerste versterkertrap met de lamp L_2 is uitgeschakeld. De anode van L_3 is in de standen *1* en *2* van S_3 over de condensator C_4 verbonden met de klem M, waarvan de spanning wordt afgenomen voor één der platen V van de kathodestraalbuis, die aan de electronenbundel een verticale afwijking geven. Verder wordt van M in de standen *1* en *3* van de schakelaar S_2 (vgl. fig. 6) ook het synchronisatiesignaal J voor het tijdasapparaat (vgl. fig. 4) afgenomen. Teneinde te bereiken, dat de spanningen op het platenpaar H symmetrisch verloopen, zijn de penthoden L_3 en L_4 volgens een soort pushpull-schakeling met elkaar verbonden, d.w.z. de anode van L_4 levert over de condensator C_6 aan de klem O een spanningsverloop, dat gelijk is aan dat van de klem M, maar het tegengestelde teeken heeft. De verhouding der weerstanden r_7 en r_8 is zoodanig gekozen, dat de anodewisselspanningen van L_3 en L_4 dezelfde absolute waarde hebben. De spanning van de klem O wordt dan op de andere der afbuigplaten V gezet.

Heeft het af te beelden signaal daartoe genoeg intensiteit, dan kan men het bij stand *3* van de schakelaar S_3 ook onmiddellijk op de verticale afbuigplaten V van de kathodestraalbuis aansluiten onder uitschakeling van de geheele versterker. De maximum sterkte der signalen, die men bij gebruiken van de versterker tusschen K_5 en K_7 mag aansluiten, bedraagt 45 volt, waarbij een vermogen van 0,2 watt in de weerstand R_6 wordt omgezet. Gebruikt men slechts de versterking door de lampen L_3 en L_4, dan krijgt men met spanningen van 0,5 volt aan de klemmen een normale beeldgrootte van 6 cm, terwijl men dit met behulp van de geheele versterker reeds bereikt voor signalen van 0,05 volt. Daar een beeldgrootte van 6 mm desnoods nog voldoende is, kan men spanningen vanaf 5 mV waarnemen. Men moet ervoor zorgen, dat er op de afbuigplaten, zoowel V als H, geen grootere spanningen komen te staan dan 90 volt. Het apparaat is te gebruiken voor frequenties vanaf 10 tot 500 000 perioden per sec; bij deze hoogste frequentie is de versterkingsgraad nog geen 10 %/0 afgenomen.

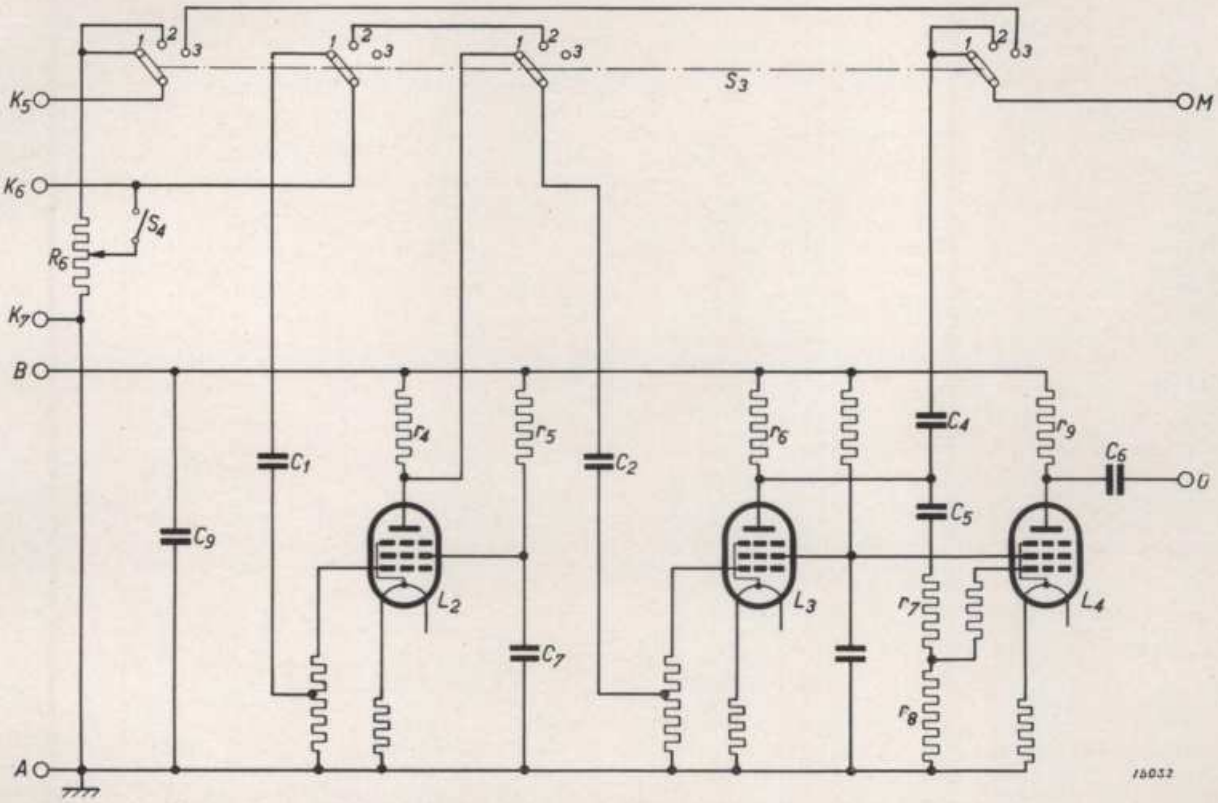

Fig. 7. Vereenvoudigd schema van de versterker voor het af te beelden signaal. Tusschen de klemmen A en B staat een gelijkspanning van onge veer 400 V. Tusschen K_5 en K_7 (eventueel K_6 en K_7) sluit men het af te beelden signaal aan. Met de schakelaaar S_3 kan men verschillende wijzen van versterking van dit signaal bewerkstelligen. Het al of niet versterkte signaal wordt dan over de klemmen M en O toegevoerd aan de platen V, die een verticale afwijking geven aan de kathodestraal (vgl. fig. 1). Voor L_2 wordt een penthode AF7 gebruikt, terwijl L_3 en L_4 penthodes AL4 zijn.

Bewerkt door G. P. ITTMANN.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

LICHTTELEFONIE

door J. W. L. KÖHLER.

Samenvatting. Beschreven wordt een apparaat voor lichttelefonie, waarin een gemoduleerde lichtbundel verkregen wordt door een gloeilampje tegelijkertijd te voeden met een gelijkstroom en met de wisselstroom van een microfoonversterker. De eigenschappen van dit gloeilampje worden behandeld. De maximaal overbrugbare afstand wordt bepaald door het ruischen van de ontvanginrichting. De middelen om dit ruischen zooveel mogelijk te onderdrukken, worden besproken. Het apparaat kan met wit licht een afstand van 4,5 km en met rood licht een afstand van 3 km bedrijfszeker overbruggen.

Inleiding

Onder lichttelefonie verstaat men het scheppen van een telefonische verbinding door gebruik te maken van lichtstralen. Deze soort verbinding is dus een uitbreiding van de bekende seinlamp, waarmee men telegrafische teekens kan overbrengen; in de beide punten, welke verbonden moeten worden, staat dan als zender een gloeilampje met reflector, waarmee een parallelle lichtbundel op het andere punt wordt gericht. In de stroomkring van elk der lampjes is een seinsleutel opgenomen. Op deze wijze kunnen met beide lichtbundels Morse-seinen gegeven worden, waarmee de verbinding tot stand is gebracht.

De telegrafische verbinding brengt een groot tijdverlies met zich mee, hetgeen veelal een ernstig bezwaar beteekent. Met de lichttelefonie wordt dit bezwaar ondervangen. Ook hierbij wordt de bundel periodiek versterkt en verzwakt, echter niet door Morse-seinen, maar met de frequenties van de spraak, waarmee de intensiteit van de lichtbundel gemoduleerd wordt. Het opvangen kan dus ook niet met het bloote oog geschieden, maar moet plaats vinden door een lichtgevoelige cel met een versterker en telefoon.

De geheele apparatuur bestaat uit de volgende onderdeelen (zie *fig. 1*). Aan de zendzijde bevindt zich een lampje L, dat door een gelijkstroombron wordt gevoed en geplaatst is in het brandpunt van een reflector R, voorts een microfoon M en een versterker V_Z, die de microfoonstroom moet versterken, om daarmee de lichtbundel te moduleeren. Met deze opstelling verkrijgt men op groote afstand van de ontvanger een beeld van de gloeidraad. De grootte van dit beeld b wordt bepaald door de afstand a tusschen zender en ontvanger, de brandpuntsafstand f van de spiegel en de dikte van de gloeidraad v, en wel volgens de formule:

$$b = \frac{v.a}{f}.$$

Kiezen wij voor deze grootheden: $a = 1$ km, $v = 0{,}1$ mm en $f = 75$ mm, dan wordt: $b = 130$ cm. Plaatsen we nu in dit beeld een parabolische reflector R', dan kunnen we een deel van het beeld concentreeren op de fotocel F in het brandpunt.

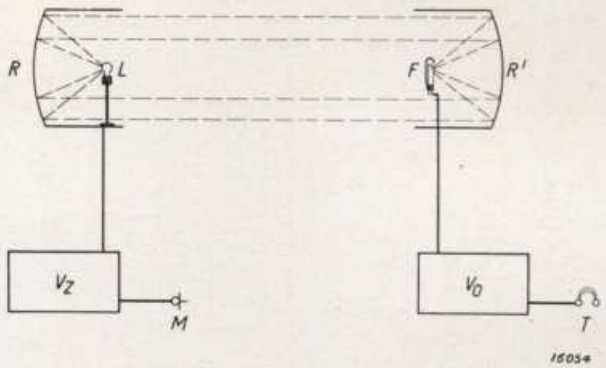

Fig. 1. Schema van de lichttelefonische verbinding. R en R' zijn de zend- en ontvangspiegel. L is het gloeilampje. De modulatie van het lampje geschiedt door de microfoon M en de zendversterker V_Z. In het brandpunt van de ontvangspiegel staat de fotocel F, die de lichtwisselingen in wisselstroompjes omzet, welke na versterking door de ontvangversterker V_0 in de telefoon T gehoord worden.

Verder bevinden zich aan de ontvangzijde nog een fotocel-versterker V_0 en een telefoon T.

De zender

Wanneer we de verschillende methoden beschouwen, volgens welke de intensiteit van een lichtbundel met de spraakfrequentie gemoduleerd kan worden, dan blijkt direct, dat eenige methoden niet bruikbaar zijn, omdat daarmee ook de plaats van het beeld verandert. We zouden bijvoorbeeld (zie *fig. 2*) de gloeidraad van het lampje met een hulplens L_1 kunnen afbeelden, en het beeld periodiek kunnen afdekken met een scherm S, dat door een electro-magnetisch systeem M bewogen wordt. Inderdaad zal dan de totale hoeveelheid licht van de bundel variëeren, maar op de plaats van de ontvangspiegel, waar immers weer een beeld van

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

de gloeidraad staat, zal van dat beeld niet de intensiteit veranderen, maar alleen de grootte; er wordt immers een stuk van afgedekt. Deze methode is dus alleen bruikbaar, als het beeld klein is ten

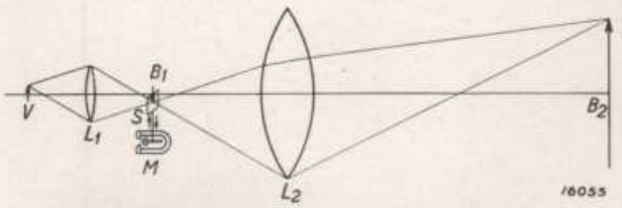

Fig. 2. Modulatie van het licht met een schermpje. V is de lichtbron. Door de lens L_1 wordt hiervan het beeld B_1 gevormd. Dit beeld staat in het brandpunt van de lens L_2, welke het beeld B_2 in het oneindige vormt. Op de plaats van B_1 staat een schermpje S, dat door het electromagnetische systeem M op en neer bewogen wordt. Zoo wordt ook het beeld B_2 meer of minder afgedekt.

opzichte van de ontvangapparatuur, terwijl in werkelijkheid het omgekeerde het geval is. Het is dus noodig, dat het beeld op de plaats van ontvangst intact blijft, doch dat de intensiteit ervan wisselt. Dit is o.a. op de volgende manieren te bereiken:

1. De bundel diafragmeeren met een scherm, vlak bij de lens,
2. De bundel een medium laten doorloopen, waarvan de doorlaatbaarheid veranderd kan worden,
3. De temperatuur van de gloeidraad laten veranderen.

Over de eerste methode kunnen we kort zijn. Daar de zendspiegel altijd een tamelijk groote diameter heeft (bijv. ongeveer 20 cm), zou het diafragma ook zoo groot moeten zijn. Het is zeer bezwaarlijk, de grootte van zulk een diafragma met een frequentie van 2000 per/sec te laten variëeren.

Van de tweede methode vormt de Kerrcel een voorbeeld (*fig. 3*). De Kerrcel is een condensator K, waarvan het diëlectricum gevormd wordt door een vloeistof, die de eigenschap heeft, in een electrisch veld dubbelbrekend te worden. De beide componenten van het licht, die resp. evenwijdig aan en loodrecht op het veld trillen, hebben in het dubbelbrekende medium een verschillende voortplantingssnelheid. Hiervan maken wij op de volgende wijze gebruik om het uitgezonden licht te moduleeren. Het licht van het gloeilampje wordt door de nicol N_1 lineair gepolariseerd. Deze nicol N_1 is nu zoodanig geplaatst, dat zij slechts licht doorlaat, dat onder een hoek van 45° met de richting van het electrische veld trilt in het vlak loodrecht op de voortplantingsrichting, zooals wordt aangegeven door de pijl, die in dit vlak geteekend onder de figuur is voorgesteld. In het electrisch veld van de Kerrcel K planten zich dan de even groote verticale en horizontale ontbondene dezer trilling met een verschillende snelheid voort.

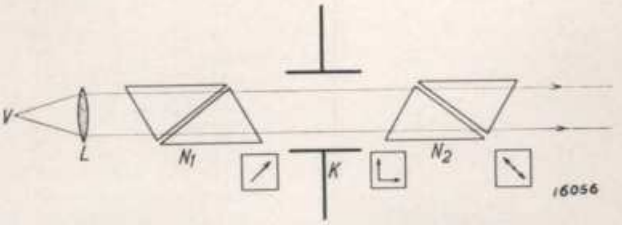

Fig. 3. Lichtmodulatie met een Kerrcel. Het licht van de lichtbron V wordt evenwijdig gemaakt door de lens L. De bundel passeert dan de nicol N_1, waardoor het lineair gepolariseerd wordt (de pijl er onder geeft de polarisatierichting aan in het vlak loodrecht op de voortplantingsrichting). Als het licht vervolgens het dubbelbrekende medium der Kerrcel is gepasseerd, dan zijn de verticale en horizontale component in phase ten opzichte van elkaar verschoven. De tweede nicol N_2 staat gekruist met de eerste. Als er geen spanning staat op de platen van de Kerrcel, dan zullen de beide doorgelaten componenten achter N_2 elkaar juist uitdooven. Door de onderlinge phaseverschuiving, die zij in het dubbelbrekende medium verkrijgen, komt er echter wèl licht door N_2 heen.

Daarna doorloopen die beide componenten de nicol N_2, die zóó is geplaatst, dat ze slechts licht doorlaat, dat trilt loodrecht op de richting, die N_1 doorliet. Van de verticale en de horizontale ontbondene van de trilling, die N_1 heeft doorgelaten, komen dus slechts dié componenten ook door N_2 heen, wier trillingsrichting onder 45° met de veldrichting ligt in het vlak loodrecht op de voortplantingsrichting, zooals met pijlen onder fig. 3 is aangegeven. Als er op de condensator van de Kerrcel K geen spanning staat, dan zien wij uit de figuur direct, dat die twee gelijke en tegengestelde componenten elkaar juist uitdooven. Er komt dan, zooals bekend, in het geheel geen licht door de gekruiste nicols N_1 en N_2. Indien er echter wèl een electrisch veld in de Kerrcel is aangelegd, dan zijn de beide componenten, die door N_2 komen, ten opzichte van elkaar in phase verschoven tengevolge van hun onderling verschil in voortplantingssnelheid in het dubbelbrekende medium. Zij zijn in dit geval dus niet meer op ieder oogenblik tegengesteld gelijk en heffen derhalve elkaar niet meer op, zoodat het licht wordt doorgelaten periodiek met de frequentie van de spanning op de Kerrcel. Een voordeel van deze methode is, dat zij geheel zonder traagheid werkt. Daartegenover staat, dat de nicols en de rest van het apparaat een groot gedeelte van het licht absorbeeren, zoodat deze methode niet economisch werkt.

Een derde methode is in het Philipslaboratorium nader uitgewerkt. We gaan hierbij uit van een gloeilampje, dat op gelijkstroom brandt. Over

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

deze gelijkstroom wordt de wisselstroom gesuperponeerd, welke wordt geleverd door de microfoonversterker (*fig. 4*), waardoor de temperatuur van de gloeidraad met de frequentie van deze wisselstroom variëert. Om dit in te zien, schrijven we de energie op, die door de gelijkstroom en

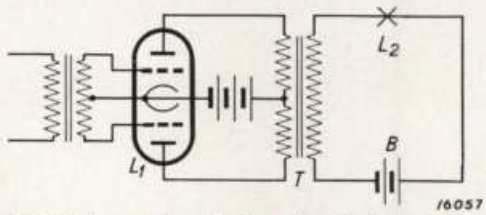

Fig. 4. Modulatie van het gloeilampje. Het lampje L_2 brandt op de batterij B. In deze stroomkring is de secundaire wikkeling opgenomen van de uitgangstransformator T van de zendversterker. L_1 is de eindlamp van de versterker, de Philipslamp KDD 1.

de wisselstroom aan de gloeidraad wordt toegevoerd. Noemen we a de sterkte van de gelijkstroom, b die van de wisselstroom (topwaarde), r de weerstand van de gloeidraad, die wij onafhankelijk van de temperatuur onderstellen, $\omega/2\pi$ de frequentie van de wisselstroom en w de toegevoerde energie, dan is:

$$w = r\,(a + b\,sin\,\omega t)^2 = r\,a^2\,(1 + m\,sin\,\omega t)^2 \quad . \quad (1)$$

waarin $b/a = m$ de modulatiediepte voorstelt. Wij verkrijgen dus:

$$w = r\,(a^2 + 2\,ab\,sin\,\omega t + {}^1/_2\,b^2 - {}^1/_2\,b^2\,cos\,2\omega t) =$$

$$= r\,a^2\,(1 + 2\,m\,sin\,\omega t + \frac{m^2}{2} - \frac{m^2}{2}\,cos\,2\omega t) \quad . \quad . \quad (2)$$

Deze uitdrukking bestaat uit een constant stuk en een variabel gedeelte. De eerste term van de wisselenergie, waar het op aan komt, is $2\,ra^2m\,sin\,\omega t$ en deze heeft dezelfde frequentie als de wisselstroom; de tweede term heeft de dubbele frequentie. Natuurlijk is deze tweede term ongewenscht. Bij volledige modulatie, dus $m = 1$, is zijn energie ${}^1/_4$ van die der grondgolf. De spanning aan de fotocel is evenredig met de energie, die erop valt en heeft dan derhalve een vervorming van $25\,{}^0/_0$.

Hetgeen wij tenslotte willen bereiken, is, dat de lichtintensiteit wisselt met de grondfrequentie. Daar kleine temperatuurswisselingen van de gloeidraad variaties in de lichtintensiteit veroorzaken, die in eerste benadering daarmee evenredig zijn, moet de temperatuur schommelen met de grondfrequentie. De grootte van deze temperatuurschommelingen hangt bij het toevoeren van een bepaalde wisselstroomenergie per sec in hoofdzaak af van de warmtecapaciteit van de gloeidraad en van de frequentie.

Aan de hand van een eenvoudige berekening kunnen wij laten zien, op welke wijze wij de energie zouden moeten toevoeren teneinde een temperatuur

$$T = T_o + A\,sin\,\omega t \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

te verkrijgen, die sinusvormig wisselt met de tijd t. De in een tijdselement dt toegevoerde energie (Edt) wordt gedeeltelijk afgevoerd door straling (Wdt), terwijl de rest een temperatuurverhooging dT geeft aan de draad, die een warmtecapaciteit C bezit:

$$E\,dt - Wdt = C\,dT \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Voor de per tijdseenheid afgevoerde energie W kunnen wij bij benadering schrijven:

$$W = W_o + \alpha\,(T - T_o) \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

waarin W_o de gemiddeld per tijdseenheid afgevoerde energie voorstelt. Voor de per tijdseenheid toe te voeren energie op elk oogenblik (E) volgt dan:

$$E = W_o + \alpha\,A\,sin\,\omega t + C\,A\,\omega\,cos\,\omega t \quad . \quad (6)$$

Als de frequentie ω maar hoog genoeg is, dan zal altijd de laatste term in formule (6) gaan overwegen, waardoor wij voor de toe te voeren wisselenergie $E - W_o$ de benaderingsformule

$$E - W_o = C\,A\,\omega\,cos\,\omega t \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

krijgen. Hieruit kunnen wij de volgende conclusies trekken:

1. Voeren wij aan een bepaalde gloeidraad per sec een bepaalde wisselenergie toe, dan is het product $A\omega$ bepaald. De amplitude A der temperatuurschommelingen zal dan dus omgekeerd evenredig zijn met de frequentie ω.
2. Beschouwen wij echter draden van verschillende diameter doch bij een constante frequentie, dan zal de stationnaire energie, die wij daaraan moeten toevoeren om deze draden op een bepaalde temperatuur te houden, evenredig zijn met de diameter d van de draad. Immers, deze energie wordt uitgestraald door het draadoppervlak en is dus daarmee evenredig en derhalve ook met de draaddiameter. Als wij nu de toegevoerde stroom gaan moduleeren met een bepaalde modulatiediepte m, dan is de wisselenergie volgens formule (2) evenredig met de stationnaire energie en derhalve ook met de draaddiameter. Wij vinden dus, dat de wisselenergie $E - W_o$ in formule (7) bij eenzelfde verlangde (gemiddelde) temperatuur van de gloeidraad, met de draaddiameter d evenredig wordt, terwijl natuurlijk de warmtecapaciteit C van de gloeidraad evenredig is met diens massa, dus met d^2, waaruit dan volgt, dat de amplitude A der temperatuurschommelingen omgekeerd evenredig wordt met de diameter d van de gloeidraad.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

De metingen bevestigden de verwachting, dat de amplitude A der temperatuurschommelingen voor niet te lage frequenties omgekeerd evenredig zou zijn met de diameter van de gloeidraad en met de frequentie. Zij is echter nog zeer gering voor een lampje, waarbij de draad in vacuo gloeit.

In dit opzicht voldoen lampjes, die met gas gevuld zijn veel beter. Wij kunnen dit als volgt verklaren. Ook voor met gas gevulde lampjes geldt formule (6) nog; W_0 en a zijn nu echter veel grooter. Door de frequentie hoog genoeg te nemen gaat formule (6) echter ook in dit geval weer over in (7). Door de gasvulling is dus het verband tusschen temperatuurverandering en wisselenergie niet gewijzigd. De amplitude van de temperatuurschommelingen is derhalve bij constante wisselenergie, draaddikte en frequentie onafhankelijk van de gasvulling. Door de groote warmtegeleiding van het gas is er nu echter een veel grootere stationnaire energie noodig om de gloeidraad op een bepaalde temperatuur te houden dan zonder gasvulling. Bij eenzelfde modulatiediepte m is daardoor dan ook de mogelijke wisselenergie in dezelfde verhouding grooter geworden en volgens formule (7) derhalve evenzoo de amplitude der temperatuurschommelingen. Zoodoende worden de temperatuurschommelingen van de gloeidraad bij een stikstofvulling driemaal zoo groot en met waterstofvulling zelfs tienmaal zoo groot als in vacuo.

Daar verder de verandering van de hoeveelheid uitgezonden licht voor een bepaalde temperatuurverandering bij een hoogere gemiddelde temperatuur grooter wordt, is een hooge temperatuur gunstig. Een grens wordt hier gesteld door het feit, dat de levensduur bij verhooging van de temperatuur snel afneemt.

De ontvanger

De opstelling is uit het bovenstaande duidelijk. Door de fotocel worden de intensiteitswisselingen van het licht omgezet in wisselstroompjes, welke versterkt en naar de telefoon gevoerd worden (*fig. 5*). Nu wordt echter de intensiteit van de lichtbundel evenredig met het kwadraat van de afstand verzwakt en nog meer door de absorptie en verspreiding in de lucht. Om in de telefoon een behoorlijke intensiteit te verkrijgen, moet men dus een groote versterking gebruiken en hierin ligt dan ook de begrenzing van de installatie. Het is bekend, dat men niet tot in het oneindige de versterking kan opvoeren, omdat men tenslotte last begint te krijgen van het ruischen van de versterker. De oorzaken hiervan kunnen we in drie gedeelten splitsen:

1. Het ruischen veroorzaakt door de eerste versterkerlamp,
2. her ruischen veroorzaakt door de koppelweerstand, welke de fotocel met de versterker koppelt,
3. het ruischen afkomstig van de fotocel.

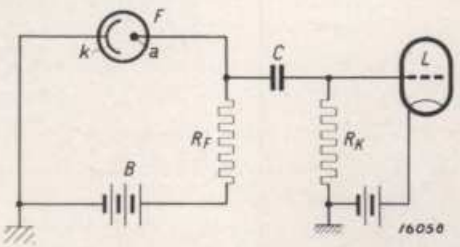

Fig. 5. Verbinding van de fotocel met de ontvangversterker. De batterij B levert de spanning van de fotocel F. De wisselstroompjes, ontstaan door de wisselende belichting van de cel, veroorzaken een wisselspanning op de weerstand R_F. Door de condensator C en de weerstand R_K wordt deze wisselspanning toegevoerd aan het rooster van de eerste lamp L van de versterker.

Het is hier niet de plaats om een uitvoerige beschouwing over het ruischen van versterkers te geven. We willen slechts het in dit verband belangrijkste ervan nagaan.

Het ruischen afkomstig van de versterkerlampen

Dit wordt veroorzaakt door het feit, dat de electrische stroom, i.c. de anodestroom, niet een continue stroom is, maar een stroom van electronen, die de kathode verlaten volgens de wetten van het toeval. Deze kleine variaties in de stroom worden in de telefoon als een geruisch gehoord. We hebben hier dus te maken met een door de natuur vastgelegde grens: Is de amplitude van de variatie in de anodestroom tengevolge van het signaal kleiner dan de variatie van deze stroom door het ruischen, dan is deze niet meer waar te nemen. Het eenige, dat we kunnen doen, is een lamp met weinig geruisch gebruiken en deze zoo gunstig mogelijk instellen.

Het ruischen van de weerstand in het rooster

Door de Brownsche beweging van de electronen in de weerstand ontstaan op die weerstand kleine spanningsvariaties, die ook van principiëele aard zijn. We kunnen hier de diverse grootheden zóó kiezen, dat we er zoo weinig mogelijk last van hebben. De amplitude van de geruischspanning op de weerstand is evenredig met de wortel uit de waarde van die weerstand. De fotocel geeft bij een bepaalde belichting een bepaalde stroom. Het spanningsverschil over de koppelweerstand, veroorzaakt door die stroom, is evenredig met de weerstand.

Digitized by www.freeservicemanuals.info
Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Maken we dus deze weerstand tweemaal zoo groot, dan wordt de signaalspanning erop ook tweemaal zoo groot, de geruischspanning echter $\sqrt{2}$ maal zoo groot. We hebben dus de verhouding van signaalspanning tot geruischspanning $\sqrt{2}$ maal zoo groot gemaakt. Ondanks het feit, dat een grootere weerstand het ruischen vermeerdert, is hier tòch een groote koppelweerstand voordeelig. Te groot mag deze weerstand echter ook niet worden vanwege de, eraan parallelstaande, ingangscapaciteit van de lamp en de capaciteiten van de fotocel en toevoerdraden, welke voor de hoogere frequenties een kortsluiting van deze weerstand beduiden.

Het ruischen van de fotocel

Dit berust op dezelfde oorzaken als bij de versterkerlamp. De fotostroom in de fotocel vertoont wegens zijn electronenstructuur, evenals de anodestroom bij de versterkerlampen, wisselingen, welke als ruischen voor den dag komen. Het ruischen zal zwakker zijn hoe zwakker de fotostroom is. Nu valt op de fotocel, behalve de lichtbundel, die we willen opvangen, ook nog daglicht. Dit licht geeft een gelijkstroomcomponent in de fotostroom. Deze zal men zoo klein mogelijk willen houden (bovendien kan het daglicht zelf fluctueeren, door wolken; enz. en daarmee een nieuwe bron van storingen vormen). Het eenige, wat hieraan te doen is, is het daglicht zooveel mogelijk af te schermen. Nu ontstaat in het brandpunt van de ontvangspiegel een beeld van de zendlamp en de omgeving daarvan. Als we dus daar een diafragma plaatsen ter grootte van het beeld, dat de ontvangspiegel van de zendspiegel vormt, dan wordt het daglicht vrijwel geheel afgeschermd (*fig. 6*). Dit is alleen het geval bij een ideale spiegel. Bij de normale spiegels met kleine brandpuntsafstand worden evenwijdig invallende stralen niet in een mathematisch punt vereenigd, maar in een vlekje van ± 1 mm doorsnede. Als we dus de opening van het diafragma kleiner dan 1 mm maken, wordt weliswaar het daglicht beter afgeschermd, maar eveneens een deel van het licht van de zender, waardoor we niet meer vooruitgaan. Veel beter wordt dit, als we de brandpuntsafstand vergrooten; in plaats van spiegels kan men dan beter lenzen gebruiken. Bij niet te kostbare lenzen is dan het brandpunt nog 1 mm groot, echter is nu vanwege de grootere brandpuntsafstand het beeld van de zendspiegel ook grooter, zoodat we door het diafragma van 1 mm een kleiner deel van de omgeving zien.

Op deze wijze werden met een lens van 40 cm brandpuntsafstand zeer goede resultaten bereikt. Het is duidelijk, dat door het kleine diafragma het richten van de ontvanger op de zender ook moeilijker wordt. Dit levert echter bij deze waarden nog geen bezwaar op.

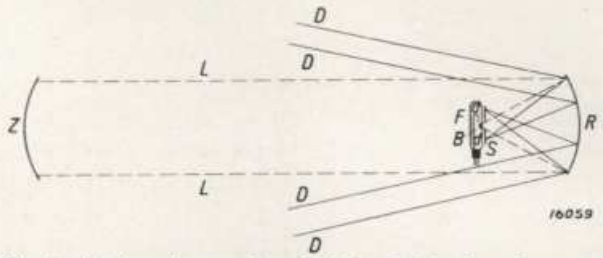

Fig. 6. Afscherming van het daglicht. In het brandpunt van de ontvangspiegel R ontstaat het beeld B van de gloeilamp, die in het brandpunt van de spiegel Z is geplaatst. De stralen van het daglicht (D) uit de omgeving van de zendlamp komen samen in de punten d. Het scherm S verhindert deze stralen de fotocel F binnen te treden.

Er is nog een algemeene methode, waarmee we het ruischen kunnen verminderen. Dit geruisch bestaat nl. uit een spectrum van frequenties en de totale geruischspanning stijgt met de wortel uit de breedte van het frequentiegebied. Als we zorgen, dat de versterker de frequenties, welke voor de telefonische verbinding niet strikt noodzakelijk zijn, niet versterkt, kunnen we een belangrijke vermindering van het geruisch verkrijgen. Daarom is de ontvanger zoo uitgevoerd, dat frequenties boven 2500 hertz niet worden versterkt.

Algemeene opmerkingen

We deelden reeds mede, dat wegens de warmtecapaciteit van de gloeidraad de amplitude van de lichtwisselingen sterk afneemt met toenemende frequentie. Voor een goede verstaanbaarheid is het natuurlijk noodig, dat de frequentiekarakteristiek van microfoon tot telefoon ongeveer horizontaal verloopt voor de frequenties van de spraak, dus tusschen 300 en 2500 hertz. Om dit te bereiken moeten wij nog een correctie aanbrengen. Het is duidelijk, dat wij het beste daartoe de zender een voor hoogere frequenties oploopende karakteristiek geven. Immers, doen wij ditzelfde aan de ontvangzijde, dan wordt ook het ruischen sterker. Zoolang de stroom door het lampje slechts weinig gemoduleerd wordt, doen zich hierbij geen bezwaren voor. Bij een voor alle frequenties gelijke spanning aan de ingang van de zendversterker is dan weliswaar de modulatiediepte van de stroom door het gloeilampje voor de hooge frequenties grooter dan voor de lage, maar dit is geen bezwaar zoolang de modulatiediepte voor de hooge frequenties nog geen $100^0/_0$ heeft bereikt. Bij verder opvoeren der ingangsspanning zal op een bepaald oogenblik de stroom in de hoogste frequenties vol gemo-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

duleerd worden, zoodat wij dan met de versterking niet verder mogen gaan. De stroom is dan echter in de lagere frequenties nog lang niet vol gemoduleerd, zoodat wij de zender op zeer onvoordeelige wijze schijnen te gebruiken. De zaak staat nu in de practijk anders, daar in de menschelijke stem de hooge frequenties veel minder sterk voorkomen dan de lagere. Als er voor de microfoon wordt gesproken, dan wordt de stroom door het gloeilampje voor de verschillende frequenties juist vrijwel even sterk gemoduleerd, indien wij de zendversterker een zoodanige karakteristiek geven, dat bij een van de frequentie onafhankelijke sterkte van het ingangssignaal de amplitude van de temperatuurschommelingen ook onafhankelijk is van de frequentie.

Daar een apparaat voor lichttelefonie gemakkelijk verplaatsbaar moet zijn, is het gewenscht, dat alle versterkers door anodebatterijen gevoed kunnen worden. Dit brengt met zich mee, dat de energie, welke de versterker kan leveren, beperkt is. Nu is bij een bepaalde modulatie de wisselstroomenergie, welke het lampje opneemt evenredig met de gelijkstroomenergie. Deze laatste moet dus, bij eenzelfde temperatuur van de gloeidraad, laaggehouden worden, hetgeen bereikt wordt door de gloeidraad kort te houden. Zoo ontstond een lampje, dat 3 watt gelijkstroomenergie noodig heeft, om op de juiste temperatuur te branden. Voor volle modulatie is dus $1^1/_2$ watt voldoende (vgl. verg. (2)). Deze energie kan geleverd worden door de Philipslamp KDD 1, een duo-triode, die zóó geschakeld is, dat in de lampen geen stroom loopt, wanneer niet gemoduleerd wordt (B-schakeling). Dit heeft het voordeel, dat het stroomverbruik van de anodebatterij belangrijk wordt verminderd. Een gevolg van de korte gloeidraad is verder, dat een zeer nauwe lichtbundel verkregen wordt; de spreiding bedraagt bij een brandpuntsafstand van 75 mm ongeveer $1^1/_2\,^0/_0$ van de te overbruggen afstand.

Resultaten

De betrouwbaarheid van de verbinding wordt o.a. bepaald door de golflengte van het licht, dat we gebruiken. De fotocel heeft nl. een verschillende gevoeligheid voor licht van verschillende golflengte, terwijl ook de absorptie door de atmosfeer niet voor alle golflengten van het licht dezelfde is. De normale caesium-fotocellen hebben een gevoeligheidsmaximum in het infraroode gebied van het spectrum, maar zij zijn ook nog gevoelig voor het zichtbare licht. Zooals bekend, wordt rood licht door de atmosfeer iets minder verstrooid dan violet. Desondanks neemt de intensiteit nog belangrijk af, wanneer we in plaats van wit licht door het vóórplaatsen van een filter donkerrood of zelfs infrarood licht gebruiken. De overbrugbare afstand wordt hierdoor zeker met $30^0/_0$ verminderd.

Met het apparaat, dat in dit laboratorium gebouwd is, kon met wit licht over 4,5 km en met rood licht over 3 km een goede verbinding onderhouden worden. Zend- en ontvangspiegel hadden hierbij ieder een diameter van 130 mm. In dit verband dient nog opgemerkt te worden, dat de overbrugbare afstand evenredig is met de diameter van elk der reflectoren. De hier genoemde cijfers gelden verder bij behoorlijk zicht. Weliswaar is het mogelijk, een goede verbinding te onderhouden over kleinere afstand bij mist, wanneer die verbinding eenmaal bestaat; in dit geval is echter het tot stand brengen van de verbinding uiterst moeilijk.

In vergelijking met andere verbindingsmiddelen bezit de lichttelefonie eenige nadeelen, nl. de afhankelijkheid van de atmosferische omstandigheden en de kleinere afstand, welke overbrugd kan worden. Daartegenover staan echter de volgende voordeelen van de lichttelefonie. Vergeleken met de gewone seinlamp kunnen de berichten veel sneller worden overgebracht. Dit voordeel geldt trouwens ten opzichte van alle telegrafische verbindingen. Ten opzichte van de radiotelefonie met korte golven bestaat het voordeel van de geheimhouding. Wegens de uiterst geringe spreiding van de bundel zal het overdag zelfs bij werken met wit licht practisch onmogelijk zijn de zender te ontdekken, en derhalve het gesprek af te luisteren. Om dezelfde reden is de verbinding veiliger voor opzettelijke storingen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

PRACTISCHE TOEPASSINGEN VAN RÖNTGENOGRAFISCH MATERIAALONDERZOEK

IV.

door W. G. BURGERS.

Het röntgenografisch structuuronderzoek vindt in de practijk wellicht zijn meest vruchtbare toepassing in die gevallen, waarin gevraagd wordt, in een mengsel of een chemisch reactieproduct de aanwezigheid van bepaalde verbindingen vast te stellen, of wel een chemisch product te identificeeren. Aangezien nl. aan iedere gekristalliseerde stof een eigen kristalstructuur, en dus een eigen karakteristiek röntgendiagram toekomt, kan een gegeven mengsel in vele gevallen eenvoudig geanalyseerd worden door vergelijking der röntgenopname met opnamen van die verbindingen, wier aanwezigheid in het te onderzoeken product vermoed wordt. Het spreekt vanzelf, dat hier het bezit van standaardfilms der in aanmerking komende vergelijkingsstoffen een vereischte is. In het algemeen kan men zich deze echter gemakkelijk verschaffen.

Om een verontreiniging of bijmengsel in een gegeven stof röntgenografisch aan te toonen, moeten in het algemeen tenminste enkele procenten daarvan aanwezig zijn om naast het patroon van het hoofdbestanddeel ook dat van het bijmengsel te doen optreden. Ligt hierin dus een zekere beperktheid [1]) der röntgenografische analyse ten opzichte van de chemische, daartegenover staat weer, dat laatstgenoemde in het algemeen alleen de aanwezige atomen (eventueel ionen) vaststelt, terwijl röntgenografisch onmiddellijk de verbindingen aangetoond worden (zoo bijv. kan röntgenografisch tusschen mengsels van NaCl + KBr eenerzijds en KCl + NaBr anderzijds onderscheiden worden; zie voorbeeld No. 7). Het is dus zonder meer duidelijk, dat beide analyse-methoden verschillende gegevens verschaffen, en elkaar voortreffelijk kunnen aanvullen.

In verband met de veelzijdigheid van dit toepassingsgebied van het röntgenografisch structuuronderzoek zullen wij vaak voorbeelden hiervan ontmoeten.

[1]) In het geval van mengkristalvorming, ten gevolge waarvan het kristalrooster veranderd wordt, kan veelal de aanwezigheid van bijmengselen ook in veel kleinere hoeveelheid indirect aangetoond worden.

6. Diagnose van een niersteen

Voor de behandeling van een niersteen-patiënt is het o.a. van belang te weten, of de gevormde steenen uit oxalaat of uit phosphaat bestaan. Dit kan in het algemeen gemakkelijk langs chemische weg worden vastgesteld. In bepaalde gevallen (zeer kleine steen) kan zich de wenschelijkheid voordoen, geen gedeelte van de steen door de chemische reactie verloren te doen gaan. In dit geval kan een röntgenopname van nut zijn. *Fig. 1a* vertoont een dergelijke opname van een weinig poeder van een niersteen, terwijl *fig. 1b* een opname van calciumoxalaat laat zien. Uit de identiteit der lijnsystemen op beide opnamen blijkt, dat de onderzochte steen hoofdzakelijk uit calciumoxalaat bestond.

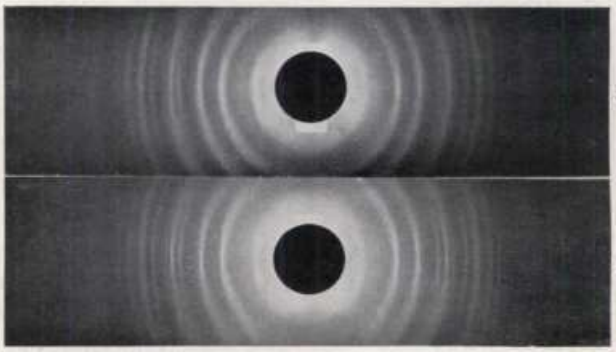

Fig. 1. Diagnose van een niersteen.
a) poeder van de niersteen
b) calciumoxalaat

7. Aantoonen van verbindingen in een mengsel

Door samenwrijven der poedervormige verbindingen in een mortier werden mengsels gemaakt van a) NaCl + KBr, b) KCl + NaBr; van alle verbindingen werden moleculair aequivalente hoeveelheden genomen.

Röntgenfoto's van deze beide mengsels zijn weergegeven in *fig. 2a en b*, welke duidelijk het verschil tusschen beide laat zien. Uit de *figuren 3a-c en 4a-c*, waar behalve de opnamen der mengsels ook die der componenten gereproduceerd zijn, blijkt hun samenstelling.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Digitized by www.freeservicemanuals.info

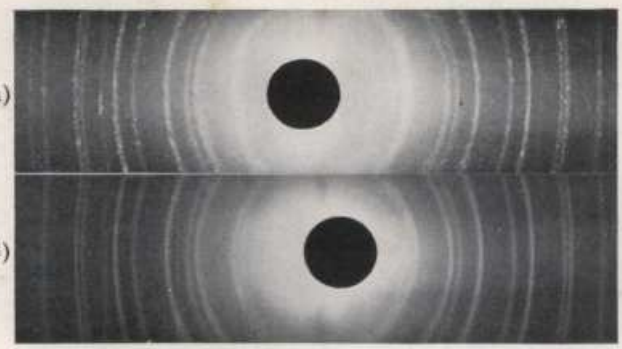

Fig. 2. Mengels van verbindingen.
a) NaCl + KBr
b) KCl + NaBr

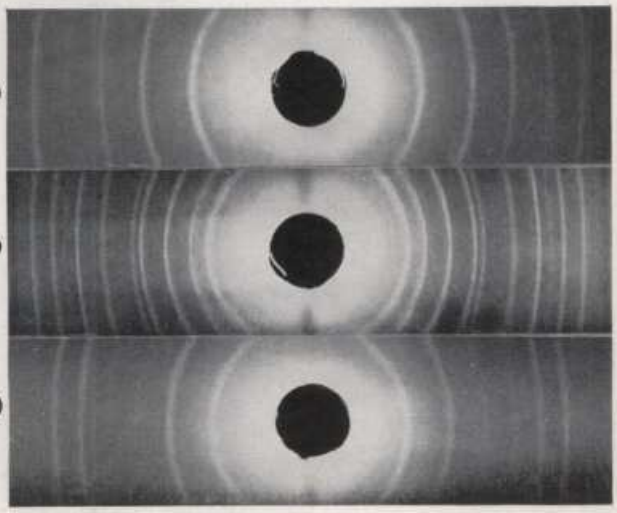

Fig. 3. Identificatie der verbindingen in het mengsel van fig. 2a.
a) NaCl
b) NaCl + KBr (= fig. 2a)
c) KBr

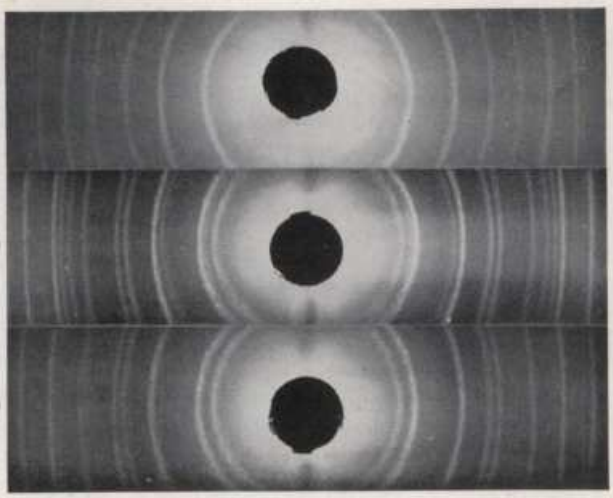

Fig. 4. Identificatie der verbindingen in het mengsel van fig. 2b.
a) KCl
b) KCl + NaBr (= fig. 2b)
c) NaBr

Van de twee genoemde mengsels zou een normale chemische analyse dezelfde atoom-(ion-) samenstelling opleveren [2]), en dus geen antwoord geven op de vraag, welke der twee metalen als chloride resp. bromide voorhanden is.

8. Identificatie van aluminiumoxyde

In de gloeilampenfabricage wordt aluminiumoxyde gebruikt. Van aluminiumoxyde bestaan meerdere modificaties, waaronder de in natuurlijke kristallen voorkomende korundmodificatie. Deze ontstaat o.a. na gloeien van aluminium-hydroxyde op zeer hooge temperatuur (bijv. 1200°). Het was van belang te weten, of men bij een in de fabriek gebruikt produkt met deze modificatie te doen had, daar men anders bij verhitting op hooge temperatuur een omzetting te verwachten heeft, die om bepaalde redenen ongewenscht is. Dit is chemisch zeer lastig na te gaan. Bij vergelijking van röntgenopnamen van het uit de fabriek ter onderzoek gezonden poeder (*fig. 5a*) en van gepoederd natuurkorund (*fig. 5b*) blijken deze hetzelfde

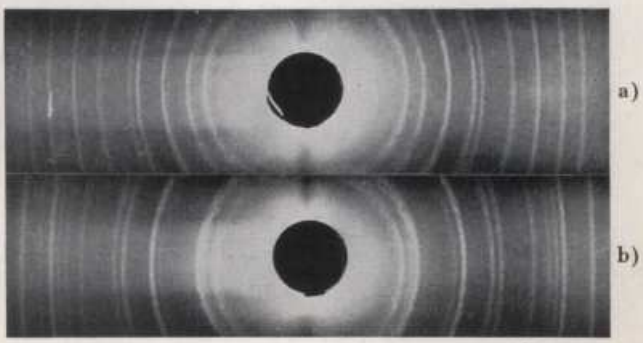

Fig. 5. Identificatie van een aluminiumoxyde-modificatie als korund.
a) aluminiumoxyde (modificatie onbekend)
b) gepoederde natuurkorund

lijnen-systeem op te leveren, waaruit dus volgt, dat tenminste 90% in de korund-modificatie voorhanden is. Uit het optreden van afzonderlijke stipjes op de lijnen (zie deze rubriek II in Nr. 2 van dit tijdschrift, blz. 60) van de foto van het technisch product kan bovendien worden afgeleid, dat de aluminiumoxyd-kristalletjes in dit poeder althans gedeeltelijk grooter zijn dan 10 μ.

[2]) Bovenstaand voorbeeld is geen in de practijk voorgekomen geval, doch dient hier slechts om het principiëele verschil tusschen de mogelijkheden der röntgenografische en chemische analyse duidelijk te doen uitkomen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLICATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

No. 1059: M. J. O. Strutt und A. van der Ziel: Messungen der charakteristischen Eigenschaften von Hochfrequenz-Empfangsröhren zwischen 1,5 und 60 Megahertz (Elektr. Nachr.-Techn. **12**, 347-354, Nov. 1935).

Voor verschillende in de handel zijnde en andere hoogfrequentie-penthoden werden de uitgangs- en ingangs-impedantie, de steilheid en de terugwerking van anode op rooster gemeten in het ultrakorte golfgebied. De actieve uitgangs- en ingangsparallelweerstand blijken in dit gebied omgekeerd evenredig te zijn met het kwadraat der frequentie. De steilheid is tot frequenties van ongeveer 6.10^7 perioden per sec practisch nog gelijk aan haar statische waarde. De terugwerking kan door een capaciteit worden beschreven, die bij lange golven nog ongeveer gelijk is aan de capaciteit tusschen rooster en anode. Zij wordt dan echter bij een bepaalde golflengte nul en bij nog kortere golven zelfs negatief en neemt tenslotte evenredig met het kwadraat van de frequentie af. Het blijkt, dat de gemeten penthoden (type AF 3) tot bij de voor televisie gebruikte golven van 7 m zeer geschikt zijn voor hoogfrequentieversterking.

No. 1060: J. van Niekerk: Evaluation of the relative toxic effects of large doses of Calciferol and the crystalline antirachitic preparation substance L (Arch. néerl. de physiologie de l'homme et des animaux **20**, 559-561, Dec. 1935).

De verhouding tusschen de toxische en de antirachitische dosis van het preparaat L van Reerink en van Wijk werd vrijwel gelijk gevonden aan die voor Calciferol. Voor de minimale vergiftigingsdosis van Calciferol werd ongeveer dezelfde waarde gevonden, als andere onderzoekers hiervoor opgeven.

No. 1061*): M. J. Druyvesteyn: Der positive Ionenstrom zur Glühkathode einer Gasentladung (Phys. Z. Sowjetunion **8**, 579-581, Nov. 1935).

Door verschillende onderzoekers is in gasontladingen de positieve ionenstroom naar koude sondes gemeten. Ook werd bepaald de electronenemissie door de verhitte kathode, die bijv. op een 7 V lagere spanning was gebracht dan het omringende plasma. Als nu uit sondemetingen bleek, dat op eenige afstand van de kathode de aard der ontlading niet was veranderd door de electronenemissie, dan nam men aan, dat de ionenstroom naar de verhitte kathode gelijk was aan die naar de koude. Dit is volgens de schrijver onjuist en hij concludeert uit de metingen van Gvosdover, dat de ionenstroom naar de warme kathode ongeveer het dubbele bedroeg van die naar de koude. Voor de verhouding tusschen electronen- en ionenstroom bij warme kathode vindt de schrijver dan 200, d.i. een waarde, die beter overeenstemt met de plasmatheorie van Langmuir dan de waarde van ongeveer 400, die Gvosdover zelf had afgeleid uit zijn metingen.

No. 1062: K. F. Niessen: A contribution to the symbolic calculus (Phil. Mag. **20**, 977-997, Suppl. Nov. 1935).

Nieuwe wegen worden aangegeven om uit een functie en haar operatorisch beeld nieuwe functies af te leiden, die als „origineel" en „beeld" met elkaar samenhangen in de operatorenrekening. Eenige „beelden" van eenvoudige gedaante vinden zoo hun interpretatie, terwijl uit de nieuwe operatorische relaties nieuwe mathematische relaties worden afgeleid.

No. 1063: J. A. M. van Liempt: Eine Beziehung zwischen Umwandlungswärme und Umwandlungspunkt bei enantiotropen Modifikationen (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **54**, 934-936, Dec. 1935).

Uit de gelijkheid van de sublimatiesnelheid voor twee enantiotrope modificaties bij de overgangstemperatuur wordt een formule afgeleid voor het quotiënt van overgangswarmte en overgangstemperatuur. Deze formule wordt getoetst voor tin en zwavel. Daar voor de toetsing der formule de benoodigde gegevens over de soortelijke warmten dezer stoffen bij diverse temperaturen onvoldoende bekend zijn, kan de afgeleide formule nog niet exact getoetst worden. Voorloopig kon alleen worden aangetoond, dat het bedoelde quotiënt volgens de berekening van de juiste orde van grootte is.

*) Van de met * gemerkte publicaties is geen voor verspreiding voldoend aantal overdrukken voorhanden. Van de andere publicaties verstrekt de Administratie van het Natuurk. Laboratorium, Kastanjelaan, Eindhoven, op aanvrage gaarne overdrukken.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!